



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE MARIA AUXILIADORA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE LA CALLE “BRASIL” UBICADA EN LA CIUDADELA
LAS DUNAS, CANTÓN SALINAS**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Civil**

AUTORES: José Justiniano Benites Murillo

Brandon Manuel Troya Sancan

TUTOR: ING. Fausto Cabrera Morán, Msc.

Guayaquil-Ecuador

2025

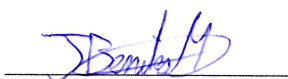
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, José Justiniano Benites Murillo con documento de identificación N° 0953337748 y Brandon Manuel Troya Sancan con documento de identificación N° 0924795529; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 17 de enero del 2025

Atentamente,



José Justiniano Benites Murillo

0953337748



Brandon Manuel Troya Sancan

0924795529

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO
DE TITULACION A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, José Justiniano Benites Murillo con documento de identificación N° 0953337748 y Brandon Manuel Troya Sancan con documento de identificación N° 0924795529, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico: DISEÑO DE LA CALLE “BRASIL” UBICADA EN LA CIUDADELA LAS DUNAS, CANTÓN SALINAS, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 17 de enero del 2025

Atentamente,



José Justiniano Benites Murillo

0953337748



Brandon Manuel Troya Sancan

0924795529

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. Fausto Cabrera Morán, Msc; con documento de identificación N° 0919755272, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE LA CALLE “BRASIL” UBICADA EN LA CIUDADELA LAS DUNAS, CANTÓN SALINAS , realizado por José Justiniano Benites Murillo con documento de identificación N° 0953337748 y por Brandon Manuel Troya Sancan con documento de identificación N° 0924795529, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados para la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 17 de enero del 2025

Atentamente,



Ing. Fausto Cabrera Morán, Msc.
0919755272

DEDICATORIA

Con inmenso cariño y gratitud, dedico este trabajo de titulación:

Primordialmente a Dios, y a mis padres, José Benites y Marisol Murillo, quienes son los pilares fundamentales en mi vida. Su apoyo incondicional, comprensión y guía han sido la base sobre la que he construido mi camino, permitiéndome alcanzar esta meta con éxito.

Papá, tu ejemplo de perseverancia, tu manera de ver lo positivo en cada desafío y la sabiduría que me has transmitido fueron claves para orientarme en este proceso. Mamá, tus palabras de aliento, tus oraciones y cada abrazo en los momentos que me sentía agotado me dieron la fortaleza para seguir adelante. Gracias a ustedes, esta meta hoy es una realidad.

A mi hermana la Lcda. Gabriela Benites, mi compañera desde la infancia y un apoyo incondicional en este recorrido. Su presencia ha sido un recordatorio constante de que nunca estoy solo y de que, con fe y determinación, todo es posible. Gracias por darme fuerzas y por caminar siempre a mi lado.

A mis amigos, gracias por cada momento compartido en el aula, por las risas en medio del estrés, en cada altibajo de nuestra formación académica. Les deseo el mayor de los éxitos en esta nueva etapa.

Finalmente, agradezco a todos mis seres queridos por su presencia, su apoyo en cada reto, cada consejo y a cada instante de esta ardua trayectoria. Llevo en mi corazón todo lo que han hecho por mí y siempre les estaré profundamente agradecido.

José Justiniano Benites Murillo

DEDICATORIA

Con profundo amor y gratitud, dedico este trabajo de titulación:

A mis amados padres, Yadira Sancan y Edwin Troya, pilares fundamentales en mi vida, cuyo amor incondicional ha iluminado cada paso de mi camino. Mamá, tu corazón bondadoso, tus abrazos reconfortantes y tu dedicación infinita han sido mi mayor fortaleza. Tus oraciones y tu amor inquebrantable me han sostenido en cada momento. Papá, tu ejemplo de perseverancia, tu sabiduría y tu trabajo incansable han sido la brújula que ha guiado mi camino. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la importancia de luchar por los sueños. Sus sacrificios, su apoyo constante y su amor sin límites han hecho posible este logro. Son el regalo más preciado que la vida me ha dado y este título es el fruto de su amor y dedicación.

A mi hermano Eder Troya Sancan y mi querida sobrina Danna Troya, quienes han sido un apoyo fundamental en mi vida. Su presencia y cariño me han dado la fuerza para perseverar y alcanzar mis sueños, recordándome siempre que todo es posible con determinación.

A Génesis Mendoza, mi futura esposa y compañera incondicional, quien ha estado presente en cada paso de este camino académico. Tu apoyo constante y comprensión han sido fundamentales para alcanzar esta meta. Gracias por tu paciencia, por tus palabras de aliento en los momentos difíciles y por siempre creer en mí. Tu presencia ha sido clave en este logro, y este título también refleja tu compromiso y apoyo en mi desarrollo profesional.

A mis amigos, que han estado presentes en las alegrías y en las adversidades, compartiendo cada paso de este camino. Su amistad sincera ha sido un regalo invaluable en esta travesía académica.

A todas aquellas personas que han aportado su granito de arena en mi formación, contribuyendo a forjar al profesional que hoy soy. Este título de Ingeniería Civil es el resultado del apoyo colectivo de quienes creyeron en mí y me acompañaron en este sueño.

Este logro no es solo mío, es de todos ustedes.

Brandon Manuel Troya Sancan

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana, escenario de experiencias inolvidables que dieron forma a estos cuatro años de mi carrera universitaria.

A mis padres, José Benites y Marisol Murillo, quienes me han enseñado que los sueños se logran con trabajo duro, constancia y determinación. Papá, por ser ejemplo de perseverancia y enseñarme con sus acciones la base del éxito. Mamá, por cada sacrificio silencioso, por tu dedicación y apoyo incondicional, por enseñarme con tu ejemplo la disciplina y la responsabilidad, mi mayor inspiración para seguir adelante. Gracias a ustedes, porque con su ejemplo me han demostrado que el éxito no se mide solo en logros, sino en la integridad, humildad y amor con que enfrentamos la vida. Este triunfo es suyo, sin ustedes nada de esto habría sido posible.

Mi mayor agradecimiento es para el Ing. Fausto Cabrera, tutor de este proyecto, por su orientación, apoyo y confianza. Su guía y compromiso fueron fundamentales en este proceso, brindándome el conocimiento y seguridad necesarios. Un especial reconocimiento al Ing. Jorge Morán, por su experiencia técnica y valiosa disposición en los ensayos de laboratorio. Su conocimiento marcó una diferencia en la calidad de esta investigación.

A mi compañero de tesis, Brandon Troya, mi gratitud por su dedicación, compromiso y amistad. Juntos enfrentamos largas horas de trabajo y desafíos. Este proyecto representa un logro profesional y refleja el esfuerzo compartido. Finalmente, a cada persona que formó parte de este proceso, gracias por dejar una huella imborrable en mi vida y desarrollo profesional.

José Justiniano Benites Murillo

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana, institución que me ha brindado la formación académica y los conocimientos necesarios para convertirme en un profesional íntegro. Sus aulas han sido testigo de mi crecimiento académico y personal, proporcionándome las herramientas fundamentales para enfrentar los desafíos de mi carrera profesional.

Expreso mi profunda gratitud al Ingeniero Fausto Cabrera, tutor de este proyecto de titulación, quien con su experiencia, conocimiento y guía constante ha sido fundamental para el desarrollo y culminación exitosa de este trabajo. Su orientación y consejos han enriquecido significativamente esta investigación.

Un especial agradecimiento al Ingeniero Jorge Morán, por su invaluable apoyo en la realización de los ensayos de laboratorio. Su experticia técnica, disposición y dedicación han sido cruciales para alcanzar la excelencia en los resultados obtenidos en esta investigación.

A mis padres, Yadira Sancen y Edwin Troya, mi más profundo agradecimiento por su apoyo incondicional durante estos cuatro años de carrera universitaria. Su presencia constante, sus palabras de aliento y su guía han sido el pilar fundamental que me ha permitido perseverar y alcanzar este anhelado título profesional. Cada logro académico ha sido posible gracias a su sacrificio y amor infinito.

A Genesis Mendoza, mi futura esposa, agradezco su apoyo constante y comprensión durante toda mi carrera universitaria. Su paciencia, palabras de aliento y compañía han sido

fundamentales en este proceso académico, especialmente durante las largas jornadas de estudio y desarrollo de este proyecto de titulación.

A mi compañero de tesis, José Benites, agradezco su compromiso, dedicación y trabajo en equipo durante todo el desarrollo de este proyecto. Su colaboración, ideas y esfuerzo han sido esenciales para alcanzar nuestros objetivos académicos. Las largas jornadas de trabajo conjunto han fortalecido no solo nuestro proyecto, sino también nuestra amistad.

Cada persona mencionada ha contribuido de manera única y significativa en mi formación profesional, y a todos ellos les debo mi más sincero agradecimiento por ser parte fundamental de este logro académico.

Brandon Manuel Troya Sancan

RESUMEN

Esta tesis aborda el diseño vial de la calle “Brasil”, ubicada en la ciudadela Las Dunas, cantón Salinas, con el objetivo de mejorar las condiciones de movilidad, seguridad y accesibilidad en beneficio de la población local. Se da especial énfasis a la calidad de vida y al bienestar social de los habitantes de la zona. El proyecto analiza conceptos clave como el diseño geométrico vial, diseño de pavimento flexible, levantamiento topográfico y estudios de suelo y tráfico, siguiendo las normativas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) y AASHTO-93. El levantamiento topográfico permitió identificar las características físicas del terreno y sus pendientes, mientras que el estudio de tráfico determinó un Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) de 803 vehículos, mayormente livianos. Además, los estudios de suelo revelaron que los materiales predominantes son arenas limosas no plásticas, clasificadas como SM y A-3, con un Índice de Soporte California (CBR) adecuado para la resistencia requerida en el pavimento. El diseño geométrico, desarrollado con AutoCAD Civil 3D, consideró parámetros como la velocidad de diseño, y alineaciones para garantizar un tránsito seguro y eficiente. Por su parte, el diseño de pavimento flexible, basado en el método AASHTO-93, incluye una capa asfáltica de 5 cm, una base granular de 15 cm y una subbase de 15 cm, optimizadas para una vida útil de 20 años bajo las condiciones de tráfico proyectadas. La rehabilitación de la calle “Brasil” no solo mejora la conectividad y reduce los costos de mantenimiento vehicular, sino que también impulsa el desarrollo urbano y social del sector, garantizando una infraestructura duradera y funcional que eleva la calidad de vida de los residentes.

Palabras claves: Diseño geométrico, Ensayos de suelo, Pavimento flexible, Topografía, Estudio de tráfico, Seguridad vial, Normativa MTO, Método AASHTO-93, Índice de soporte California (CBR), Movilidad urbana, Conectividad, Rehabilitación vial, Compactación, Calidad de vida.

ABSTRACT

This thesis addresses the road design of “Brasil” Street, located in the Las Dunas neighborhood, Salinas canton, with the aim of improving mobility, safety and accessibility conditions for the benefit of the local population. Special emphasis is placed on the quality of life and social well-being of the area's inhabitants. The project analyzes key concepts such as geometric road design, flexible pavement design, topographic survey and soil and traffic studies, following the regulations of the Ministry of Transportation and Public Works (MTOP) and AASHTO-93. The topographic survey allowed to identify the physical characteristics of the terrain and its slopes, while the traffic study determined an Annual Daily Average Traffic (ADAT) of 803 vehicles, mostly light. In addition, soil studies revealed that the predominant materials are non-plastic silty sands, classified as SM and A-3, with a California Support Index (CBR) suitable for the required pavement strength. The geometric design, developed with AutoCAD Civil 3D, considered parameters such as design speed and alignments to ensure safe and efficient traffic. The flexible pavement design, based on the AASHTO-93 method, includes a 5 cm asphalt layer, a 15 cm granular base, and a 15 cm subbase, optimized for a 20-year service life under the projected traffic conditions. The rehabilitation of “Brasil” Street not only improves connectivity and reduces vehicle maintenance costs, but also boosts the urban and social development of the sector, guaranteeing a durable and functional infrastructure that improves the quality of life of residents.

Keys words: Geometric design, Soil tests, Flexible pavement, Topography, Traffic study, Road safety, MTOP regulations, AASHTO-93 method, California support index (CBR), Urban mobility, Connectivity, Road rehabilitation, Compaction, Quality of life

INDICE DE CONTENIDO

Introducción	24
CAPITULO I	27
1. Problemática	27
2. Objetivos	30
2.1. Objetivo general	30
2.2. Objetivos específicos	30
CAPITULO II	31
3. Marco Teórico	31
3.1. Introducción al Diseño Vial	31
3.2. Propiedades Geotécnicas del suelo	32
3.2.1. Clasificación de suelos.....	33
3.2.1.1. Sistema AASHTO	33
3.2.1.2. Sistema SUCS	34
3.2.2. Calicatas	35
3.2.3. Ensayo de contenido de humedad	36
3.2.4. Granulometría	36
3.2.5. Límites de Attenberg	37
3.2.6. Ensayo Proctor Modificado – ASTM D1557.....	38

3.2.7. Índice de Soporte California (CBR) – ASTM D1883.....	39
3.3. Topografía	41
3.3.1. Partes en que se divide la topografía.....	42
3.3.2. Tipos de terrenos	42
3.4. Gestión de Recursos Viales	43
3.5. Clasificación de carreteras	45
3.5.1. Tipos de carretera.....	45
3.5.2. Carretera según su funcionamiento	45
3.6. Estudios Previos de control de transito	51
3.7. Característica Geométrica de una vía	54
3.8. Modelación Vial.....	58
3.9. Tipos de pavimentos	59
3.9.1. Pavimento Rígido.....	60
3.9.2. Pavimento Flexible	60
CAPITULO IV.....	61
4. Marco Metodológico.....	61
4.1. Levantamiento Topográfico	62
4.2. Estudio de tráfico y capacidad vial: Método AASHTO 93.....	64
4.2.1. Conteo de tráfico	65

4.2.2. Trafico Promedio Diario Anual (TPDA).....	65
4.2.3. Cálculo del promedio diario semanal (TPDS)	66
4.2.4. Factor de ajuste mensual (Fm).....	67
4.2.5. Factor de ajuste diario	68
4.2.6. Trafico Diario	70
4.2.7. Trafico Proyectado	71
4.3. Estudio de suelo	73
4.3.1 Calicatas – ASTM D420	73
4.3.2. Ensayo de contenido de humedad.....	75
4.3.3. Muestreo de los agregados – ASTM D75	76
4.3.4. Granulometría – ASTM D422	77
4.3.5. Límites de Atterberg – ASTM D4318.....	78
4.3.6. Ensayo Proctor Modificado – ASTM D1557.....	79
4.3.7. Índice de Soporte California (CBR) – ASTM D1883.....	80
4.4. Selección del CBR del Diseño	83
4.5. Diseño Geométrico	83
4.6. Velocidad de Diseño	84
4.7. Velocidad de Circulación	84
4.8. Sección Transversal	85

4.9.	Diseño de pavimento	85
4.9.1.	Método AASHTO 93	85
4.9.2.	Cálculo de factor ESAL'S.....	87
4.9.2.1.	Factor direccional.....	87
4.9.2.2.	Factor de Distribución por carril – Fc	88
4.9.2.3.	Factor de presión de neumático Fp	88
4.9.2.4.	Repeticiones de carga W18	89
4.9.3.	Confiabilidad R	90
4.9.4.	Desviación estándar Zr	91
4.9.5.	Desviación Estándar del Sistema “So”	93
4.9.6.	Índice de serviciabilidad “PSI”	93
4.9.7.	Módulo de Resiliente de la subrasante “Mr”	95
4.9.8.	Determinación de coeficientes estructurales.....	95
4.9.9.	Factores de drenaje “Cd”	99
4.9.10.	Cálculo de numero Estructural.....	100
4.9.11.	Espesores Calculados para diseño	101
4.10.	Modelación Vial.....	102
5.	Análisis de Resultados	104
5.1.	Topografía	105

5.2.	Estudio de Tráfico	105
5.3.	Estudios de Suelos	106
5.4.	Diseño Geométrico	107
5.5.	Diseño de Pavimento	108
6.	Conclusiones	108
7.	Recomendaciones	110
8.	Bibliografía	111
9.	Anexos	119

INDICE DE ANEXO

Anexo 1: Bolsa de muestra para la realización del ensayo de contenido de humedad natural.	119
Anexo 2: Realización del cuarteo del material.	119
Anexo 3: Realización de golpes para el Ensayo Proctor Modificado.....	120
Anexo 4: Realización del conteo vehicular.....	120
Anexo 5: Realización del conteo vehicular.....	121
Anexo 6: Realización de la topografía del terreno.....	121
Anexo 7: Realización de la topografía del terreno.....	122
Anexo 8: Vía de tierra del proyecto.	122
Anexo 9: Vía de pavimento flexible del proyecto.	123
Anexo 10: Vía de adoquín del proyecto.....	123
Anexo 11: Lámina 1 de 4 del Diseño vial en civil 3D	124
Anexo 12: Lámina 2 de 4 del Diseño vial en civil 3D	124
Anexo 13: Lámina 3 de 4 del Diseño vial en civil 3D	125
Anexo 14: Lámina 4 de 4 del Diseño vial en civil 3D	125
Anexo 15: GRANULOMETRIA CALICATA # 1	126
Anexo 16: GRANULOMETRIA CALICATA # 2=3.....	128

Anexo 17: ENSAYO PROCTOR CALICATA # 1	130
Anexo 18: ENSAYO PROCTOR CALICATA # 2=3	132
Anexo 19: CBR CALICATA # 1.....	134
Anexo 20: DENSIDAD MAXIMA CALICATA 1	135
Anexo 21: CBR 10 GOLPES C#1	136
Anexo 22: CBR 25 GOLPES C#1	136
Anexo 23: CBR 56 GOLPES C#1	137
Anexo 24: GRAFICA DENSIDAD Y CBR CALICATA # 1	137
Anexo 25: CBR CALICATA # 2 = 3	138
Anexo 26: DENSIDAD MAXIMA CALICATA 2 = 3	139
Anexo 27: CBR 10 GOLPES C # 2 = 3.....	140
Anexo 28: CBR 25 GOLPES C # 2 = 3.....	140
Anexo 29: CBR 56 GOLPES C # 2 = 3.....	141
Anexo 30: GRAFICA DENSIDAD Y CBR CALICATA # 2 = 3	141

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Trafico Promedio Diario Anual.....	54
Tabla 2: Factores de ajustes mensuales	56
Tabla 3: Factor de ajuste diario	57
Tabla 4: Tráfico diario.....	58
Tabla 5: Trafico asignado	59
Tabla 6: Crecimiento vehicular	60
Tabla 7: Proyección a 20 años de crecimiento vehicular	61
Tabla 8: Calicata 1.....	64
Tabla 9: Calicata 2.....	65
Tabla 10: Muestras para las realizaciones de la granulometrías	73
Tabla 11: Velocidad de diseño.....	76
Tabla 12: Factor direccional: normalmente 0,5, la mitad va en cada dirección.....	76
Tabla 13: En este caso el valor varía entre 1 y 05 dependiendo de la tabla.	77
Tabla 14: Factores de ajustes	77
Tabla 15: Repeticiones de carga W18.....	78
Tabla 16: Nivel de confiabilidad	80
Tabla 17: Desviación Estándar Normal (Zr)	81

Tabla 18: Diferencial de Serviabiabilidad.....	84
Tabla 19: Coeficiente Estructural de la capa asfáltica	85
Tabla 20: Coeficiente estructural de la capa base	87
Tabla 21: Valor Coeficiente Estructural ai	88
Tabla 22: Clasificación de un buen drenaje	89
Tabla 23: Clasificación de un buen drenaje	90
Tabla 24: Diseño de pavimento.....	91
Tabla 25: Tabla para calcular los esperosres del pavimento	92
Tabla 26: Resultados de los Estudios de Suelo	97

TABLA DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Siniestro de tránsito y personas fallecidas en la provincia de Santa Elena	26
Figura 2: Ilustración de calle “Brasil”, localizada en el cantón Salinas, provincia de Santa Elena	27
Figura 3: Factores Causales de los siniestros de tránsito.....	28
Figura 4: Ilustración geográfica de la calle “Brasil”	30
Figura 5: Sistema AASHTO	34
Figura 6: Grafico Sistema SUCS	35
Figura 7: Procedimiento del ensayo Proctor Modificado, estandarizado por la norma ASTM D155.....	39
Figura 8: Sistema de Soporte California (CBR).....	41
Figura 9: Características de la vía agrícola.....	46
Figura 10: Características de la vía básica.....	47
Figura 11: Características de la carretera convencional básica	48
Figura 12: Características de la carretera Convencional básica (Normal).....	48
Figura 13: Características de la carretera convencional básica (Excepcional).....	49
Figura 14: Características de la carretera de alta capacidad Interurbana.....	50

Figura 15: Características de la carretera de alta capacidad urbana	51
Figura 16: Característica Geométrica de una vía.....	56
Figura 17: Valores de diseños recomendados para las carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción	57
Figura 18: Valor del percentil	83
Figura 19: Distribución en alturas de capas.....	102
Figura 20: Ilustracion: Modelaje de la Vía en Autocad Civil 3D	103
Figura 21: Ilustracion: Modelaje de la Vía en Autocad Civil 3D	104

Introducción

Las carreteras representan mucho más que simples vías de comunicación; son verdaderos catalizadores del progreso mundial que han transformado fundamentalmente la manera en que las sociedades se desarrollan y prosperan. Esta infraestructura vital forma una red global intrincada que abarca aproximadamente 64 millones de kilómetros, atravesando desde las rutas más transitadas hasta los caminos más remotos en todos los continentes. La ingeniería de carreteras representa un campo multidisciplinario que implementa principios científicos avanzados en cada fase del proyecto, desde la concepción inicial hasta la construcción y mantenimiento posterior.

La planificación y ubicación estratégica de las vías representa un proceso complejo que requiere un análisis detallado sobre los patrones demográficos y proyecciones de crecimiento poblacional, convirtiéndose en un elemento clave, que permite anticipar las necesidades futuras de transporte, asegurando que la infraestructura mantenga su funcionalidad a largo plazo y pueda adaptarse a cambios en los patrones de movilidad urbana y regional. Los estudios de viabilidad financiera son igualmente importantes, contemplando no solo los costos iniciales de construcción sino también los gastos de mantenimiento a largo plazo.

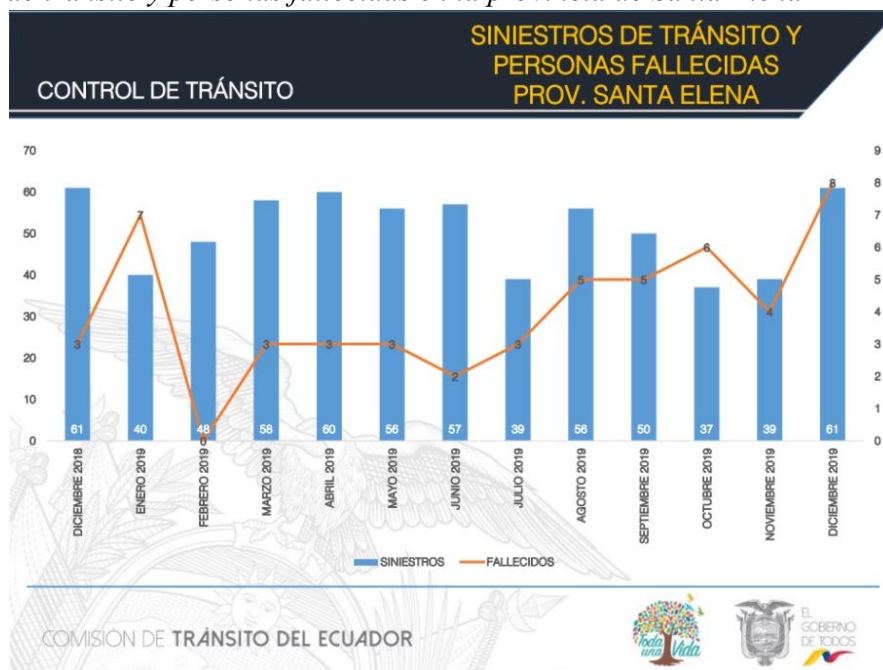
Los estudios geotécnicos y topográficos son fundamentales para evaluar la estabilidad del terreno y determinar las soluciones constructivas más apropiadas, considerando factores como la composición del suelo, niveles freáticos y condiciones geológicas específicas del sitio. Estos análisis incluyen evaluaciones detalladas de la capacidad portante del suelo, potenciales asentamientos y la estabilidad de taludes bajo diferentes condiciones de carga y ambientales.

La evaluación de riesgos naturales constituye otro componente crítico en el proceso de planificación, requiriendo un enfoque estratégico, que considere tanto los aspectos geológicos y climatológicos como los patrones de siniestralidad vial. Los incidentes viales registrados en la provincia de Santa Elena evidencian deficiencias críticas en la infraestructura vial y las medidas de seguridad implementadas, presenta características geométricas que incrementan el riesgo de siniestralidad, destacando una curva con deficiencias en señalización. La secuencia de accidentes registrados, incluyendo varios volcamientos y múltiples colisiones en distintos puntos de la vía, sugiere la necesidad de implementar medidas correctivas inmediatas en términos de ingeniería vial.

Mediante estadísticas de la Comisión de Transito del Ecuador (CTE), durante el 2019 en la provincia de Santa Elena se registraron tendencias significativas en la ocurrencia de siniestros de tránsito, personas fallecidas y lesionadas. Los datos revelan la interrelación entre factores humanos y condiciones viales que influyen directamente en la seguridad del transporte. El número de siniestros de tránsito durante el año 2019 presentó valores relativamente constantes, con un promedio mensual aproximado de 53 accidentes. Se identificaron meses críticos, como diciembre, con el mayor registro de incidentes (61), y enero, con una notable reducción a 40 siniestros. Los datos más recientes de la Organización Mundial de la Salud muestran una tendencia positiva en términos de seguridad vial, con una reducción del 5% en fallecimientos por siniestros viales entre 2010 y 2021, alcanzando 1.19 millones de casos.

Figura 1

Siniestro de tránsito y personas fallecidas en la provincia de Santa Elena



Fuentes: Comisión de Tránsito del Ecuador

La seguridad vial emerge como un componente crítico que integra factores humanos y técnicos en el diseño de infraestructura, requiriendo un enfoque holístico que considere la psicología del conductor, las limitaciones físicas humanas y los avances tecnológicos en seguridad vehicular. El diseño universal considera las necesidades de todos los usuarios del sistema vial, incluyendo peatones, ciclistas y personas con movilidad reducida, implementando características específicas como rampas de acceso, pavimentos táctiles y cruces peatonales seguros.

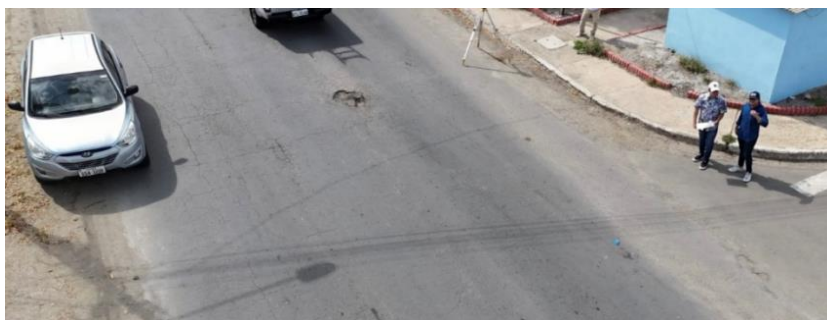
CAPITULO I

1. Problemática

La calle “Brasil”, localizada en el cantón Salinas, provincia de Santa Elena, se extiende a lo largo de 1 kilómetro y está conformada por segmentos de tierra, pavimento flexible y adoquines. La vía presenta un avanzado estado de deterioro, evidenciado por fisuras, grietas y desniveles, lo que compromete su funcionalidad estructural y operativa, además de representar un riesgo significativo para la seguridad vial de sus usuarios. El diseño geométrico y estructural de la vía, concebido bajo condiciones de carga vehicular y demandas de tránsito considerablemente inferiores a las actuales, ha quedado desfasado frente al incremento del parque automotor y al tránsito frecuente de vehículos de mayor peso y dimensiones. Esta discordancia entre las especificaciones de diseño originales y las condiciones operativas actuales ha acelerado la degradación del pavimento, exacerbada por la ausencia de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo eficiente. Los deterioros iniciales, que pudieron ser mitigados mediante intervenciones oportunas, han evolucionado hacia daños estructurales

Figura 2

Ilustración de calle “Brasil”, localizada en el cantón Salinas, provincia de Santa Elena severos.

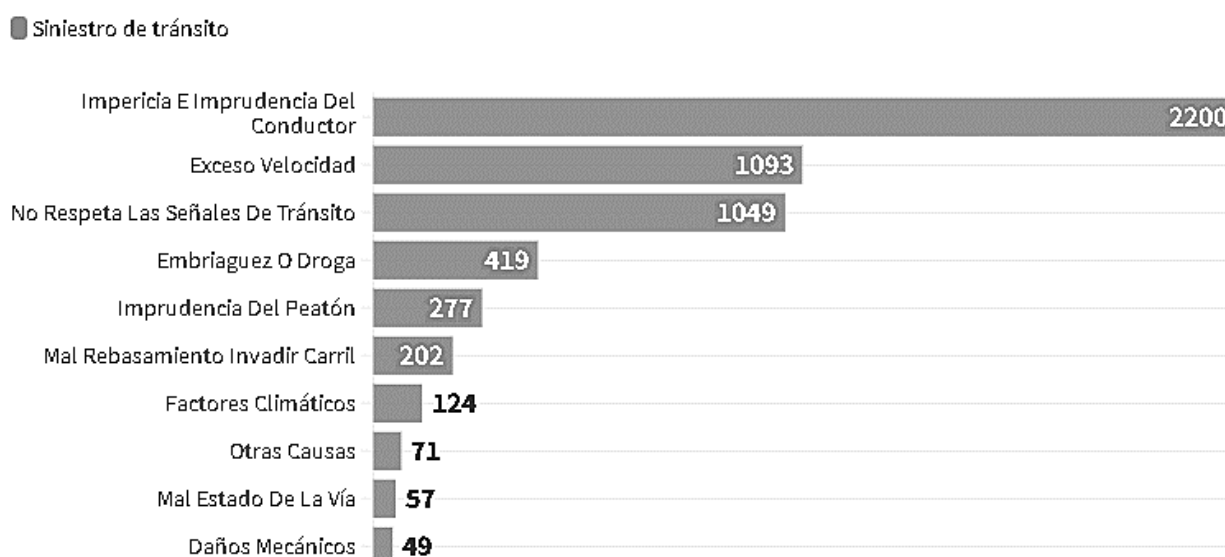


Fuente: Autores

El deterioro de la vía no solo afecta la operatividad del tránsito vehicular y peatonal, sino que también genera impactos colaterales significativos. Las irregularidades en la superficie incrementan los niveles de ruido y las vibraciones mecánicas, afectando negativamente a los residentes de sectores como Las Dunas, Dunas 2 y San Martino. Estos efectos se traducen en una disminución de la calidad ambiental y del confort urbano, así como en posibles problemas de salud derivados de la exposición prolongada a dichas condiciones.

Figura 3

Factores Causales de los siniestros de tránsito



Fuente: Source: Agencia Nacional de Tránsito 2023 • Elaboración: Consultora Multiplica;

<https://revistagestion.ec/analisis-sociedad/siniestros-de-transito-en-ecuador-un-desafio-urgente-y-multidimensional/>

Las malas condiciones de la vía desincentivan el tránsito peatonal y vehicular hacia los establecimientos locales, lo que genera una disminución en el flujo de clientes. Esta situación no solo reduce los ingresos de los comercios, sino que también provoca una percepción de

abandono y falta de mantenimiento urbano, desalentando a potenciales inversores locales (Martínez et al., 2024).

La rehabilitación integral de la calle “Brasil” es una necesidad imperativa y debe ser abordada mediante un diseño y ejecución que cumplan con las especificaciones técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP). Estas normativas, fundamentadas en estándares internacionales y adaptadas a las condiciones geográficas y climáticas locales, garantizarán la durabilidad, funcionalidad y seguridad de la nueva infraestructura vial.

El proyecto deberá contemplar un diseño vial optimizado que considere las cargas vehiculares actuales y proyectadas, el uso de materiales de alta resistencia y un plan de mantenimiento periódico que asegure la sostenibilidad de la inversión. La ejecución de esta obra no solo solucionará las deficiencias actuales, sino que también optimizará la conectividad, reducirá los costos asociados al mantenimiento vehicular y al consumo de combustible, e impulsará la movilidad urbana y la calidad de vida de los habitantes, fortaleciendo el bienestar integral de los residentes en la zona de influencia de la calle “Brasil”.

Figura 4

Ilustración geográfica de la calle “Brasil”



Fuente: Google Earth

2. Objetivos

2.1.Objetivo general

Diseñar la calle “Brasil” ubicada en la ciudadela Las Dunas, cantón Salinas.

2.2.Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento topográfico de la calle “Brasil” ubicada en la ciudadela Las Dunas, cantón Salinas.
- Efectuar el estudio de tráfico para determinar las características del flujo vehicular en la zona.

- Proponer el diseño de la calle “Brasil” ubicada en la ciudadela Las Dunas, cantón Salinas, de acuerdo con la normativa vigente Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP).

CAPITULO II

3. Marco Teórico

3.1. Introducción al Diseño Vial

La ingeniería de diseño vial ha experimentado una transformación significativa, evolucionando hacia una disciplina integral que va más allá de la mera construcción de carreteras. Este campo abarca múltiples dimensiones del desarrollo urbano y rural, integrando aspectos sociales, económicos, ambientales y tecnológicos que son fundamentales para la movilidad contemporánea (Henríquez, 2014).

La planificación inicial del diseño vial requiere un análisis multifacético de variables críticas. Los avances tecnológicos han permitido desarrollar estudios de tráfico más sofisticados, que modelan patrones de movimiento y proyectan demandas futuras con mayor precisión. Estos se complementan con evaluaciones ambientales exhaustivas y estudios geotécnicos detallados que son esenciales para garantizar la estabilidad y durabilidad de la infraestructura (Correa & Patricio, 2006).

El diseño geométrico constituye el núcleo técnico del proceso, demandando cálculos precisos para garantizar operaciones seguras y eficientes. Las alineaciones horizontales y verticales se optimizan considerando la topografía natural, mientras que elementos como peraltes y pendientes se diseñan para maximizar la seguridad y eficiencia operativa.

Thompson (2020) destaca la evolución de la estructura del pavimento hacia diseños más sostenibles, incorporando materiales reciclados y tecnologías innovadoras. La construcción por capas, desde la subrasante hasta la carpeta de rodadura, utiliza materiales y técnicas avanzadas que mejoran la durabilidad y resistencia al clima.

El modelado BIM y los sistemas GIS han transformado la manera en que se visualizan y coordinan los proyectos, mientras que los drones y la fotogrametría digital han optimizado los procesos de levantamiento y monitoreo (Núñez, Patricio, Asuero, & Vicente, 2021).

La sostenibilidad se ha convertido en un pilar fundamental del diseño vial moderno, manifestándose en elementos como pavimentos permeables, sistemas de iluminación LED eficientes y la incorporación de espacios para movilidad activa. El mantenimiento preventivo se ha integrado desde la fase de diseño, utilizando sensores y análisis predictivo para optimizar la gestión de la infraestructura.

3.2. Propiedades Geotécnicas del suelo

Las propiedades geotécnicas del suelo constituyen un conjunto de características fundamentales que determinan su comportamiento en aplicaciones de ingeniería civil y construcción. Es importante mencionar que, debido a los procesos de formación natural, los suelos son materiales extremadamente complejos y variables, lo que hace necesaria una comprensión profunda de sus propiedades.

El comportamiento mecánico del suelo está gobernado principalmente por su resistencia al corte, que depende de dos parámetros fundamentales: la cohesión y el ángulo de fricción interna. La cohesión representa la adherencia entre partículas debido a fuerzas electroquímicas,

mientras que el ángulo de fricción interna refleja la resistencia al deslizamiento entre partículas. Estos parámetros son esenciales para el análisis de estabilidad y capacidad de carga (Luiza da Silva, 2023)

La permeabilidad, que determina la facilidad con que el agua puede fluir a través del suelo, es crucial para problemas que involucran flujo de agua y drenaje. Esta propiedad varía significativamente según el tipo de suelo, desde valores muy bajos en arcillas hasta valores relativamente altos en arenas y gravas (Camacho Chiu, 2000).

Los límites de Atterberg, que incluyen el límite líquido, límite plástico y límite de contracción, son particularmente importantes para caracterizar suelos finos. Estos límites definen los contenidos de humedad en los que el suelo cambia de un estado a otro, proporcionando información valiosa sobre su comportamiento (Pilco Ninaraqui, 2024).

3.2.1. Clasificación de suelos

La clasificación de suelos, utilizando sistemas estandarizados como el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) o el sistema AASHTO, permite categorizar los suelos en grupos con comportamientos similares. Esta clasificación se basa en la distribución granulométrica y los límites de Atterberg, facilitando la comunicación entre profesionales y la predicción del comportamiento del suelo (Puma Montoya & Quispe Lara, 2024).

3.2.1.1. Sistema AASHTO

Este sistema establece siete grupos principales de suelos, desde A-1 hasta A-7, con varios subgrupos. Los grupos A-1, A-2 y A-3 corresponden a materiales granulares con 35% o menos

pasando el tamiz No. 200, mientras que los grupos A-4 hasta A-7 corresponden a materiales predominantemente finos con más del 35% pasando dicho tamiz (Camacho Chiu, 2000).

Figura 5

Sistema AASHTO

Clasificación General	Material Granular						Material limo arcillosos					
Grupos	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupos	A-1a	A-1b	A-2-4		A-2-6						A-7-5 A-7-6	
% pasante												
#10	50% max											
#40	30% max	50% max					51% min					
#200	15% max	25% max	35% max	35% max	35% max	35% max	10% max	36% max	36% max	36% max	36% max	
Característica del material que pasa por el tamiz #40												
LL			40% max	41% max	40% max	41% max	N.P	40% max	41% max	40% max	41% max	
LP	6% max	6% max	10% max	10% max	11% max	11% max		10% max	10% max	11% max	11% max	
IG	0	0	0	0	4 max	4 max	0	8 max	12 max	16 max	20 max	
Tipo de material	Fragmentos pétreos de gravas y arenas		Gravas y arenas, limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos		Suelos arcillosos		

Fuente: ASTM D-3282

3.2.1.2.Sistema SUCS

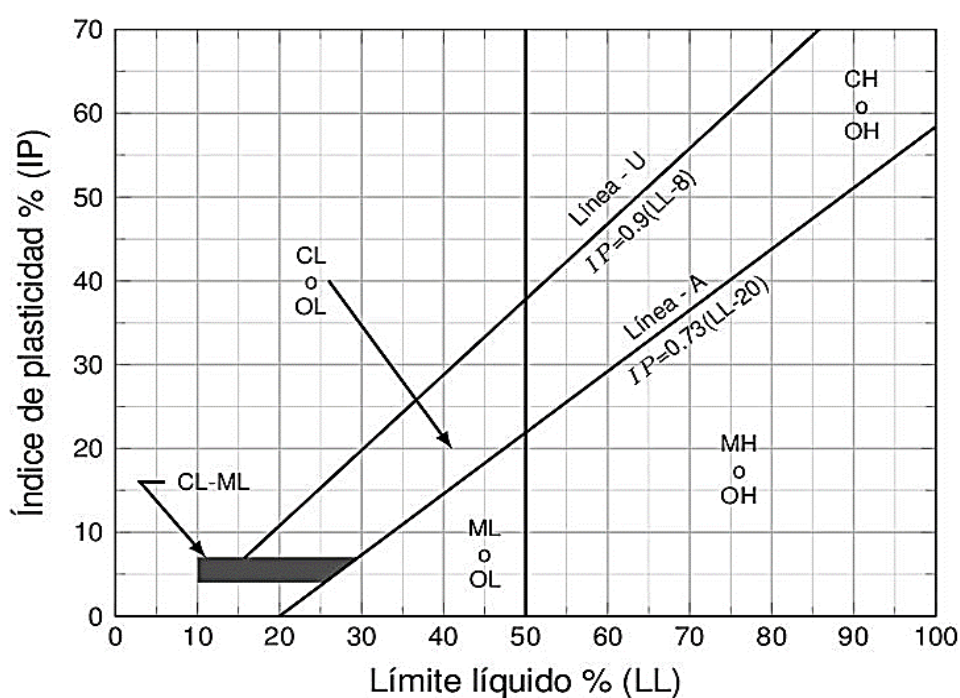
La clasificación del sistema unificado emplea símbolos específicos para identificar el tipo de suelo, basándose en el diagrama de plasticidad. Este diagrama utiliza el límite líquido y el índice de plasticidad del suelo como parámetros principales para determinar su clasificación. Cada suelo se asigna al grupo correspondiente según sus propiedades y se le atribuye el símbolo que representa dicho grupo. La gráfica de plasticidad permite ubicar al suelo en zonas específicas que definen su naturaleza, como arcillosa, limo arcilloso, arenosa, entre otras (Das, 2015).

Los símbolos usados en el sistema unificado son los siguientes:

G (Grava), S (Arena), M (Limo), C (Arcilla), O (Limos y arcillas orgánicas), Pt (Turba y suelos altamente orgánicos), H (Alta plasticidad), L (Baja plasticidad), W (Bien graduado) y P (Mal graduado).

Figura 6

Grafico Sistema SUCS



Fuente: Fundamentos de ingeniería de cimentaciones Séptima Edición. (Das, 2015)

3.2.2. Calicatas

Las calicatas son excavaciones realizadas en el terreno para investigar sus características geotécnicas. Este método consiste en hacer excavaciones verticales que permiten observar y analizar las distintas capas de suelo y roca presentes (ASTM, Standard Guide for Site Characterization for Engineering Design and Construction Purposes, 2018).

La ejecución técnica de una calicata requiere una planificación detallada que comienza con la selección apropiada de su ubicación. Los puntos de excavación deben distribuirse de manera que proporcionen una caracterización representativa del área de estudio, evitando zonas alteradas o que puedan comprometer estructuras existentes. Las dimensiones típicas incluyen un ancho entre 0.8 y 1.5 metros, una longitud de 1.5 a 2.0 metros, y una profundidad que puede alcanzar los 3.0 metros, aunque esta última puede variar según los objetivos específicos del estudio y las condiciones del terreno (ASTM, Standard Guide for Site Characterization for Engineering Design and Construction Purposes, 2018).

3.2.3. Ensayo de contenido de humedad

El ensayo de contenido de humedad constituye una prueba fundamental en la caracterización física de los suelos, definido como la relación entre el peso del agua presente en una muestra y el peso de los sólidos secos. Este procedimiento se realiza mediante el secado de la muestra en un horno a temperatura controlada de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un período de 24 horas, hasta alcanzar un peso constante. La diferencia entre el peso inicial y el peso seco de la muestra permite determinar el porcentaje de humedad presente en el suelo, información esencial para la interpretación de su comportamiento mecánico y la realización de otros ensayos de laboratorio (Duque & Escobar, 2002).

3.2.4. Granulometría

El análisis granulométrico constituye un ensayo fundamental en la caracterización física de los suelos, permitiendo determinar la distribución de los tamaños de las partículas que los componen. Este procedimiento se realiza mediante el tamizado del material a través de una serie

de mallas normalizadas para las partículas gruesas, y mediante el análisis por hidrómetro para la fracción fina. La distribución de tamaños obtenida resulta esencial para la clasificación del suelo y la predicción de su comportamiento mecánico (Peralta Delgado & Tamayo Fárez, 2022).

El procedimiento de tamizado mecánico requiere la preparación adecuada de la muestra, incluyendo su secado y disgregación cuidadosa para evitar la alteración del tamaño natural de las partículas. La serie de tamices se organiza en orden decreciente de abertura, desde 75 mm hasta 0.075 mm (malla N°200), agitándose mecánicamente durante un período establecido. El material retenido en cada tamiz se pesa y se calcula el porcentaje que representa respecto al peso total de la muestra (Peralta Delgado & Tamayo Fárez, 2022).

3.2.5. Límites de Attenberg

Los límites de Atterberg son parámetros fundamentales que caracterizan el comportamiento de los suelos finos según su contenido de humedad, definiendo las fronteras entre los estados líquido, plástico y semisólido. La determinación de estos límites sigue procedimientos estandarizados según la norma ASTM D4318, que establece métodos precisos para obtener resultados reproducibles y confiables en laboratorio (Sangama Cachique, 2024).

Límite Líquido (LL)

Marca el contenido de humedad donde el suelo pasa del estado plástico al líquido, determinándose principalmente mediante el método de Casagrande. El ensayo busca el contenido de humedad para el cual una muestra de suelo requiere exactamente 25 golpes para cerrar una ranura normalizada en la cuchara de Casagrande, siendo este valor crucial para la clasificación del suelo y la predicción de su comportamiento mecánico (Romero Figueroa, 2018).

Límite Plástico (LP)

Representa el contenido de humedad en la transición entre los estados plástico y semisólido, determinándose mediante el rollado manual de la muestra hasta formar cilindros de 3 mm de diámetro que empiezan a agrietarse (Cardenas Ramirez & Moya Ortiz, 2022).

3.2.6. Ensayo Proctor Modificado – ASTM D1557

El ensayo Proctor Modificado, estandarizado por la norma ASTM D1557, constituye un procedimiento fundamental en la mecánica de suelos para determinar la relación entre el contenido de humedad y la densidad seca máxima de un suelo compactado. Este método fue desarrollado para representar las condiciones más exigentes de compactación en campo, utilizando una energía de compactación mayor que el Proctor Estándar mediante un martillo más pesado y una altura de caída mayor (ASTM, Standard Guide for Site Characterization for Engineering Design and Construction Purposes, 2018).

El procedimiento consiste en compactar una muestra de suelo en cinco capas dentro de un molde normalizado, aplicando 56 golpes por capa con un martillo de 10 lb que cae desde una altura de 45.7 cm. Este proceso se repite con diferentes contenidos de humedad, permitiendo obtener una curva que relaciona la densidad seca con el contenido de agua del suelo. El punto máximo de esta curva representa la densidad seca máxima y su correspondiente humedad óptima (Cáceres López & Rodríguez Cifuentes, s.f.).

Figura 7

Procedimiento del ensayo Proctor Modificado, estandarizado por la norma ASTM D155

ELEMENTO	METODO A	METODO B	METODO C	METODO D
Diámetro del molde	101,6 mm	152,4 mm	101,6 mm	152,4 mm
Volumen del molde	943,3 cm ³	943,3 cm ³	943,3 cm ³	2124 cm ³
Peso del martillo	44,5 N	44,5 N	44,5 N	44,5 N
Altura de la caída del martillo	457,2 mm	457,2 mm	457,2 mm	457,2 mm
Número de golpes de martillo	25	56	25	56
Número de Capas de Compactación	3	5	3	5
Energía de Compactación	2696 Kn*m/m ³	2697 Kn*m/m ³	2698 Kn*m/m ³	2699 Kn*m/m ³
Suelo Utilizado	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm

Fuente: Fundamentos de ingeniería de cimentaciones Séptima edición. (Das, 2015)

3.2.7. Índice de Soporte California (CBR) – ASTM D1883

El ensayo del Índice de Soporte California (CBR), normalizado por ASTM D1883, constituye un método fundamental para evaluar la capacidad de soporte de suelos en pavimentos.

Este procedimiento determina la resistencia al corte bajo condiciones controladas de humedad y densidad, comparándola con un material de referencia estándar. El valor obtenido se expresa como un porcentaje de la resistencia de una piedra triturada de alta calidad, siendo un indicador esencial para el diseño de estructuras viales (ASTM, Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils , 2021).

El procedimiento del ensayo requiere la preparación de muestras compactadas a diferentes energías, usualmente al 95% y 100% de la densidad máxima del Proctor Modificado. Las muestras se someten a un período de saturación de 96 horas para simular condiciones desfavorables, midiendo su expansión. Posteriormente, se realiza el ensayo de penetración con un pistón normalizado de 3 pulgadas cuadradas de área a una velocidad constante de 1.27 mm/minuto (Quiroz Vargas, 2017).

La evaluación de resultados considera la relación entre la presión necesaria para alcanzar penetraciones de 0.1" y 0.2" en la muestra de ensayo, comparada con los valores estándar de referencia. El valor de CBR se determina generalmente como el mayor de los porcentajes obtenidos para ambas penetraciones, siendo este parámetro decisivo en el diseño de pavimentos flexibles y la caracterización de materiales viales (Quiroz Vargas, 2017).

Figura 8*Sistema de Soporte California (CBR)*

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SU VALOR DE CBR				
CBR	CLASIFICACION GENERAL	USOS	SISTEMA UNIFICADO	
			UNIFICADO	AASTHO
0 - 3	Muy Pobre	Sub-rasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	Pobre a Regular	Sub-rasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 - 20	Regular	Sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Bueno	Base, Subbase	GM, GC, GW, SM, SP, GP	A1-b, A2-5, A3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A1-a, A2-4, A3

Fuente: Manual de Laboratorio de suelos (Bowles, 1961)

3.3. Topografía

La topografía constituye una disciplina fundamental en la ingeniería civil que se ocupa de la determinación y representación gráfica de las características físicas de un terreno, incluyendo su forma, dimensiones, y variaciones de nivel. Esta ciencia proporciona los métodos y técnicas necesarias para realizar levantamientos precisos del terreno, información esencial para la planificación y ejecución de obras civiles (Almagro, 2004).

El diseño geométrico de una carretera tiene en cuenta el terreno. El terreno puede ser llano, ondulado o montañoso y, por tanto, es un factor determinante a la hora de seleccionar los parámetros de diseño de la carretera (MTOP, 2013).

El conocimiento del terreno es esencial para el diseño adecuado de estructuras de ingeniería. Sin un plano topográfico adecuado no es posible diseñar sistemas de riego, construir presas, puentes, canales, carreteras, etc. Además, la topografía es muy importante a la hora de realizar obras de conservación de suelos ya que puede determinar la pendiente del terreno (MTOP, 2013).

3.3.1. Partes en que se divide la topografía

Los levantamientos topográficos comprenden dos etapas principales:

- **Planimetría:** la disciplina fundamental de la topografía que se ocupa de la representación a escala de la proyección horizontal del terreno sobre un plano de referencia. Este procedimiento técnico contempla la medición sistemática de distancias y ángulos horizontales mediante instrumentación especializada, permitiendo determinar con precisión las coordenadas planas de puntos específicos del terreno (Almagro, 2004).
- **Altimetría:** La altimetría representa la rama especializada de la topografía que se ocupa de la determinación y representación de las diferencias de nivel entre puntos del terreno respecto a un plano de referencia establecido. Esta disciplina emplea métodos rigurosos de nivelación geométrica, trigonométrica o barométrica para la medición precisa de desniveles (Franquet Bernis & Querol Gómez, 2010).

3.3.2. Tipos de terrenos

La clasificación topográfica del terreno representa un factor crucial en el diseño geométrico de carreteras, estableciéndose tres categorías principales en función de sus características. Un terreno se clasifica como llano cuando presenta pendientes mínimas que no afectan de manera significativa el diseño; ondulado, cuando sus pendientes naturales se integran adecuadamente con las pendientes longitudinales requeridas por el trazado; y montañoso, cuando las pendientes del terreno condicionan de manera decisiva el diseño del proyecto. En particular,

los terrenos montañosos se subdividen en dos categorías: suaves, con pendientes transversales menores o iguales al 50%, y escarpados, cuando estas superan dicho valor (MTOP, 2013).

El impacto de la topografía en los proyectos viales se refleja directamente en los costos de construcción y en los parámetros fundamentales del diseño geométrico. La velocidad de diseño, elemento crucial en la configuración de la vía, se establece en función directa de las condiciones topográficas: velocidades elevadas para terrenos llanos, intermedias para ondulados y reducidas para montañosos. Esta relación responde a las limitaciones naturales que el terreno impone sobre la geometría vial (Pico Ponce, 2023).

3.4.Gestión de Recursos Viales

La gestión de recursos en proyectos viales representa un pilar fundamental en la ingeniería de infraestructura moderna, requiriendo un enfoque multidisciplinario que integre aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales. Esta gestión estratégica ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, incorporando tecnologías emergentes y metodologías innovadoras que optimizan la planificación, ejecución y control de los recursos disponibles (Herrera Montiel, 2024).

La planificación inicial constituye la piedra angular de una gestión exitosa, demandando un análisis exhaustivo que contemple no solo los recursos tangibles como materiales y equipos, sino también los intangibles como el conocimiento técnico y la experiencia del equipo de trabajo (Salcedo Adriazola, 2016).

Este proceso requiere una evaluación detallada de las condiciones locales, incluyendo la disponibilidad de materiales, la capacidad de los proveedores locales y las restricciones logísticas que podrían impactar el desarrollo del proyecto.

Los avances tecnológicos han transformado radicalmente la gestión de recursos en el sector vial. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido en herramientas indispensables que facilitan la visualización y análisis de datos espaciales críticos. Estos sistemas permiten una evaluación más precisa de las condiciones del terreno, la identificación de potenciales conflictos con infraestructuras existentes y la optimización de rutas de transporte de materiales (Rodríguez Díaz, 2024).

La gestión financiera en proyectos viales ha adquirido una complejidad sin precedentes debido a la volatilidad de los mercados globales. Las fluctuaciones en los precios de materiales estratégicos como el acero, el cemento y los productos requieren estrategias sofisticadas de adquisición y contratos flexibles que protejan tanto al contratista como al cliente. La implementación de modelos financieros dinámicos y sistemas de control presupuestario en tiempo real ha demostrado ser crucial para mantener la viabilidad económica de los proyectos (Martínez Gómez, 2015)

Los desafíos ambientales y climáticos han introducido nuevas dimensiones en la gestión de recursos viales. El cambio climático no solo afecta la planificación de actividades constructivas, sino que también influye en la selección de materiales y tecnologías resilientes. La incorporación de criterios de sostenibilidad en la gestión de recursos ha llevado al desarrollo de

nuevas metodologías de evaluación de impacto ambiental y estrategias de mitigación innovadoras (Perdomo, 2014).

El aseguramiento de la calidad en la gestión de recursos requiere un enfoque sistemático que integre controles en todas las etapas del proyecto. La implementación de metodologías ha demostrado ser efectiva en la reducción de desperdicios y la optimización del uso de recursos (Santafe Rangel, 2024).

3.5. Clasificación de carreteras

3.5.1. Tipos de carretera

“Las carreteras deben considerar principalmente sus aspectos funcionales para satisfacer las necesidades actuales y futuras, sin descuidar la seguridad, la economía, la sostenibilidad, la eficiencia y la confiabilidad” (MTOP, 2013)

Los aspectos mencionados en el texto subrayan la importancia de diseñar y construir carreteras que no solo cumplan con los estándares técnicos, sino que también respondan a las necesidades de las comunidades y del entorno. Se tiene que considerar factores como la conectividad, accesibilidad y funcionalidad para satisfacer las demandas de transporte y comunicación de la población.

3.5.2. Carretera según su funcionamiento

- Vía agrícola

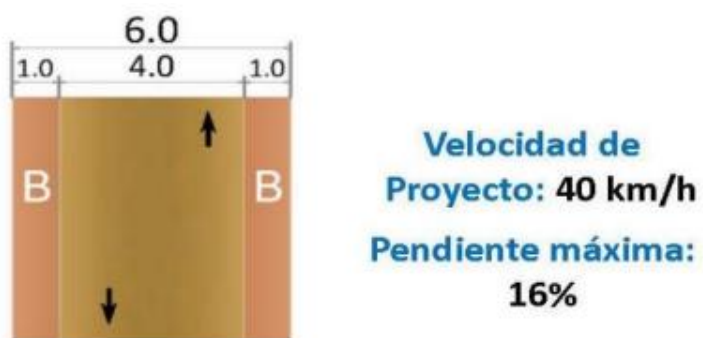
Características de la vía:

- 1) Velocidad estimada del proyecto: 40 km/h

- 2) Pendiente máxima: 16%
- 3) Número de carriles: 2 carriles
- 4) Ancho de la vía: 6 metros

Figura 9

Características de la vía agrícola

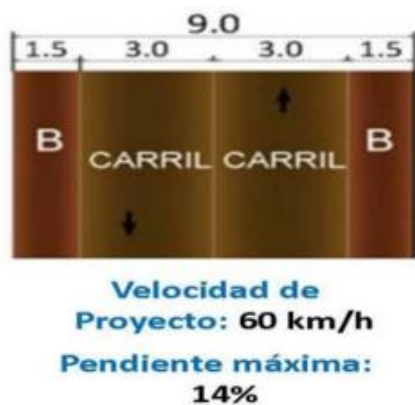


Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

- Vía básica

Características de la vía:

- 1) Velocidad estimada del proyecto: 60 km/h
- 2) Pendiente máxima: 14%
- 3) Número de carriles: 2 carriles
- 4) Ancho de la vía: 9 metros

Figura 10*Características de la vía básica**Fuente:* (NEVI-12-MTOP, 2013)

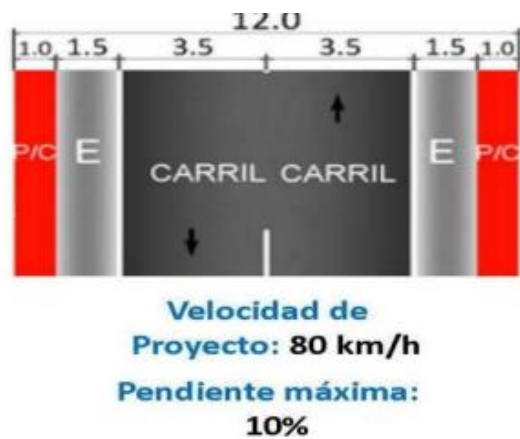
- Carretera convencional básica

Características de la vía:

- 1) Velocidad estimada del proyecto: 80 km/h
- 2) Pendiente máxima: 10%
- 3) Número de carriles: 2 carriles
- 4) Ancho de la vía: 12 metros

Figura 11

Características de la carretera convencional básica

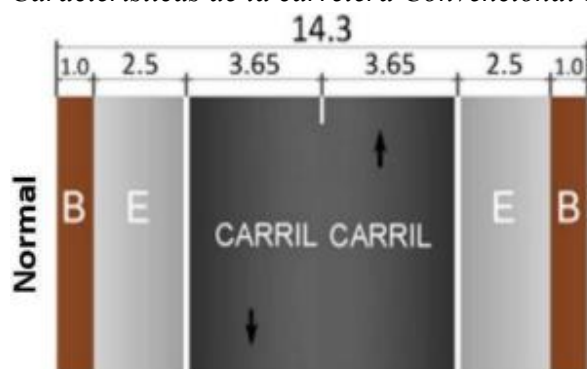


Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

- Carretera Convencional básica (Normal)
 - 1) Velocidad estimada del proyecto: 100 km/h
 - 2) Pendiente máxima: 8%
 - 3) Número de carriles: 2 carriles
 - 4) Ancho de la vía: 14.30 metros

Figura 12

Características de la carretera Convencional básica (Normal)



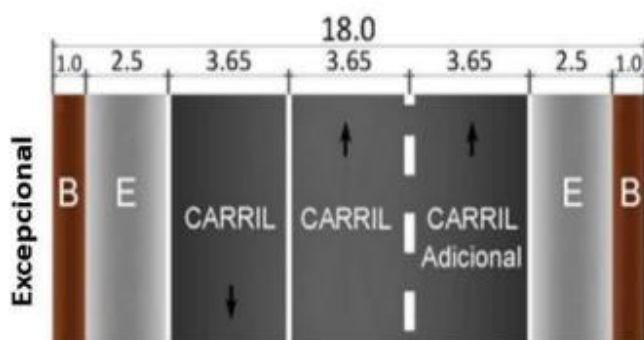
Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

- Carretera convencional básica (Excepcional)

- 1) Velocidad estimada del proyecto: 100 km/h
- 2) Pendiente máxima: 8%
- 3) Número de carriles: 2 carriles y uno adicional
- 4) Ancho de la vía: 18 metros

Figura 13

Características de la carretera convencional básica (Excepcional)



Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

De acuerdo con la normativa NEVI-12-MTOP (2013), las vías de alta capacidad deben cumplir ciertas condiciones específicas.

- Control total de acceso, la carretera no debe ser accesible desde propiedades adyacentes.
- No cruce vías de ferrocarril con otras rutas de tráfico o derechos de paso.
- Separación de vías para cada sentido de circulación, salvo en puntos concretos o de forma temporal.

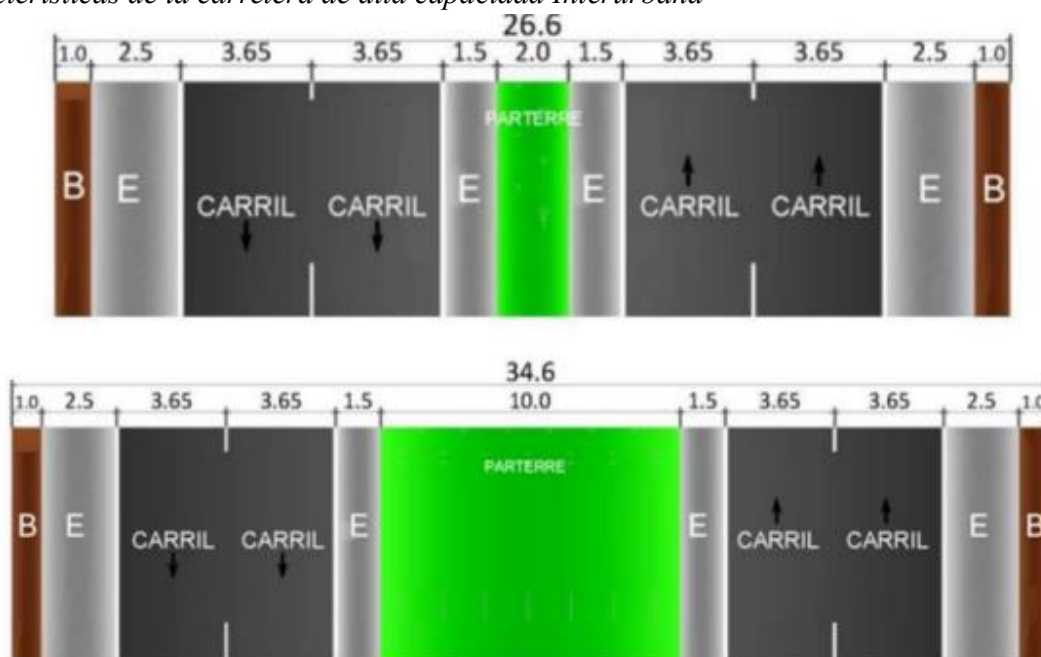
- Carretera de alta capacidad Interurbana

Características de la vía:

- 1) Velocidad estimada del proyecto: 120 km/h
- 2) Pendiente máxima: 6%
- 3) Número de carriles: 4 carriles
- 4) Ancho de la vía: 26.60 metros hasta 34.60 metros

Figura 14

Características de la carretera de alta capacidad Interurbana



Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

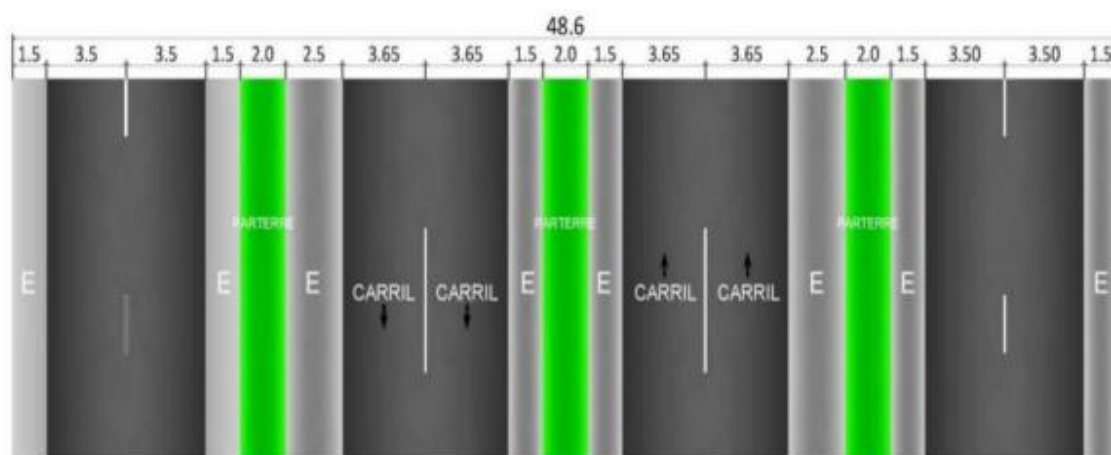
- Carretera de alta capacidad urbana

- 1) Velocidad estimada del proyecto: 100 km/h

- 2) Pendiente máxima: 8%
- 3) Número de carriles: 8 carriles
- 4) Ancho de la vía: 48.60 metros

Figura 15

Características de la carretera de alta capacidad urbana



Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

3.6. Estudios Previos de control de tránsito

El diseño de pavimentos representa uno de los aspectos más críticos y complejos en la ingeniería de infraestructura vial, requiriendo un análisis exhaustivo de las diversas solicitaciones que afectarán la estructura durante su vida útil. La comprensión profunda de las cargas vehiculares y sus efectos sobre el pavimento constituye un elemento fundamental para garantizar la durabilidad y funcionalidad de la infraestructura vial (AASHTO, 1993).

Las cargas de tránsito presentan una naturaleza compleja y variable, caracterizada por la diversidad de vehículos que utilizan la infraestructura. Cada tipo de vehículo, desde automóviles

livianos hasta camiones de carga pesada, genera patrones únicos de distribución de cargas que deben ser considerados en el diseño. Las solicitaciones estáticas, representadas por el peso propio de los vehículos estacionados, se combinan con cargas dinámicas producidas por el movimiento vehicular, incluyendo efectos de impacto y vibración (Pinchi Vergara, 2017).

La distribución espacial y temporal de las cargas sobre la superficie del pavimento está influenciada por múltiples variables que interactúan de manera compleja. Factores como la configuración de ejes, las características de los neumáticos, la velocidad de operación y las condiciones ambientales afectan significativamente la manera en que las cargas se transmiten a través de la estructura del pavimento. El análisis de estos patrones de distribución resulta crucial para la determinación de los estados tensionales y deformaciones que experimentará la estructura (Garcés Velecela, 2017).

La evolución temporal del tránsito representa un desafío significativo en el diseño de pavimentos. Las proyecciones de crecimiento del tráfico deben considerar no solo el incremento en volumen sino también los cambios en la composición vehicular, particularmente en corredores comerciales donde el tráfico de carga pesada puede experimentar variaciones significativas. La consideración de estos factores evolutivos resulta fundamental para el dimensionamiento adecuado de la estructura y la optimización de su vida útil (Herrera Montiel, 2024).

Los efectos de la fatiga en los materiales constituyen un aspecto crítico en el diseño de pavimentos. La repetición de cargas produce una degradación progresiva de las propiedades mecánicas de los materiales, afectando su capacidad para resistir solicitaciones futuras. Los modelos de fatiga modernos incorporan consideraciones probabilísticas que permiten una

evaluación más realista del comportamiento a largo plazo de la estructura (Ocmin Huarsocca, Castillo, & Elena, 2019).

Los ciclos de temperatura y humedad afectan significativamente el comportamiento de los materiales y pueden acelerar los procesos de deterioro. La consideración de estos factores ambientales en el diseño requiere la implementación de modelos climáticos locales y regionales que permitan anticipar condiciones críticas y desarrollar estrategias de mitigación apropiadas (Solis Bautista, 2024).

La innovación en materiales y tecnologías de construcción ha expandido significativamente las opciones disponibles para el diseño de pavimentos. Los materiales modificados con polímeros, las mezclas de alto módulo y los sistemas de refuerzo con geo sintéticos ofrecen alternativas para mejorar el desempeño estructural y extender la vida útil del pavimento. La selección apropiada de estos materiales requiere un análisis cuidadoso de su comportamiento bajo las condiciones específicas de cada proyecto (Gavilanes Falconí & Maldonado Rodríguez, 2023).

La instrumentación y monitoreo del comportamiento real de pavimentos ha revolucionado la validación y calibración de métodos de diseño. El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) es una métrica esencial en la ingeniería de transporte y la planificación vial, ya que indica el número promedio de vehículos que circulan diariamente por una carretera o punto específico a lo largo de un año. Este indicador es crucial para evaluar la capacidad de las vías, planificar su mantenimiento y mejoras, y comprender la demanda de transporte en una región determinada.

Para calcular el TPDA, se recopilan datos de tráfico durante un año completo mediante diversos métodos, como conteos manuales, sensores de lazo inductivo, cámaras de tráfico y sistemas de peaje electrónicos. Estos datos permiten obtener un promedio diario que suaviza las fluctuaciones diarias y estacionales del flujo vehicular, proporcionando una visión más precisa de la carga de tránsito en una ubicación específica.

3.7.Característica Geométrica de una vía

Las características geométricas de una carretera comprenden sus dimensiones y configuración física, las cuales son fundamentales para garantizar la seguridad y eficiencia en el tránsito vehicular. Estas propiedades incluyen elementos como el ancho de la vía, los radios de las curvas, las pendientes longitudinales y la visibilidad, cada uno diseñado para optimizar el desempeño vial (MTOP, 2013).

- Ancho de la carretera: Dimensión transversal de cada unidad de circulación vehicular, medida entre las líneas de demarcación vial.
- Ancho de la calzada: Distancia transversal total de la superficie de rodadura que incluye todos los carriles de circulación, espaldones y medianas cuando existen.
- Arcenes: Franjas laterales pavimentadas o no, adyacentes a los carriles de circulación, que sirven como zona de seguridad para paradas de emergencia.
- Mediana: Elemento físico longitudinal que divide los flujos de tráfico opuestos, puede incluir barreras de seguridad.
- Radio de giro: Medida que determina la curvatura horizontal de la vía desde su centro hasta el borde exterior de la calzada.

- Superelevación: Inclinación transversal de la calzada en curvas horizontales para contrarrestar la fuerza centrífuga de los vehículos.
- Pendientes: Inclinación del perfil longitudinal de la vía respecto al plano horizontal, expresada en porcentaje.
- Distancia de visibilidad: Longitud continua de carretera visible al conductor, necesaria para la ejecución segura de las maniobras.
- Radio de curvatura horizontal: Parámetro que define la geometría circular de las curvas en planta, determinante para la velocidad de diseño.
- Zonas de transición: Segmentos que permiten el cambio gradual entre diferentes características geométricas mediante curvas de transición.
- Señalización y dispositivos de control: Elementos verticales y horizontales que regulan, advierten e informan a los usuarios de la vía.
- Alineamiento horizontal: Proyección del eje de la vía sobre un plano horizontal, compuesto por tangentes y curvas.

La velocidad de diseño es el parámetro fundamental que determina las características geométricas principales de una carretera, ya que establece las condiciones mínimas necesarias para una circulación segura y eficiente. Los factores que influyen en la determinación de la velocidad de diseño incluyen la clasificación funcional de la vía (corredores arteriales con velocidades más altas, vías colectoras con velocidades intermedias y caminos locales con velocidades menores), las condiciones topográficas (terreno plano, ondulado o montañoso), los aspectos socioeconómicos (usos del suelo adyacente, desarrollo urbanístico y actividades

económicas de la zona) y las condiciones ambientales como el clima, la visibilidad y las precipitaciones. (MTOP, 2013).

Figura 16

Característica Geométrica de una vía

VELOCIDAD DE DISEÑO Km/h	VELOCIDAD DE OPERACIÓN PROMEDIO Km/h VOLUMEN DE TRANSITO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
40	38	35	33
50	47	42	40
60	56	52	45
70	63	60	55
80	72	65	60
100	88	75	-
120	105	85	-

Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

3.7.1. Factor máximo de fricción lateral y tasa de sobreelevación o peralte

La adherencia lateral representa la máxima resistencia que puede generarse entre el contacto neumático-pavimento antes de que el vehículo pierda el control por deslizamiento. Este parámetro es determinante para evaluar las condiciones de seguridad y el comportamiento dinámico del vehículo durante el tránsito por curvas. Su correcta determinación permite establecer velocidades límite seguras y definir parámetros geométricos apropiados en el diseño de curvas horizontales (MTOP, 2013).

Figura 17

Valores de diseños recomendados para las carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción

República del Ecuador

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN

NORMAS

Velocidad de diseño (K.P.H.)

Radio mínimo de curvas horizontales (m)

Distancia de visibilidad para paradas (m)

Distancia de visibilidad para rebaseamiento (m)

Peralte

Coeficiente "K" para:

Curvas verticales convexas (m)

Curvas verticales cóncavas (m)

Gradiente longitudinal⁽²⁾ máxima (%)

Gradiente longitudinal⁽²⁾ mínima (%)

Ancho de pavimento (m)

Clase de pavimento

Ancho de espaldones⁽³⁾ estables (m)

Gradiente transversal para pavimento (%)

Gradiente transversal para espaldones (%)

Curva de transición

Puentes

Ancho de la calzada (m)

Ancho de Aceras (m)⁽¹⁾

Mínimo derecho de vía (m)

CLASE I
3 000 - 8 000 TPOA⁽¹⁾

RECOMENDABLE ABSOLUTA

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

CLASE II
1 000 - 3 000 TPOA⁽¹⁾

RECOMENDABLE ABSOLUTA

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

CLASE III
300 - 1 000 TPOA⁽¹⁾

RECOMENDABLE ABSOLUTA

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

CLASE IV
100 - 300 TPOA⁽¹⁾

RECOMENDABLE ABSOLUTA

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

CLASE V
MENOS DE 100 TPOA⁽¹⁾

RECOMENDABLE ABSOLUTA

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

LL

O

M

USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO

HS - 30 - 44, HS - MOP, HS - 25

SERÁ LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VÍA INCLUIDOS LOS ESPALDONES

0.50 m mínimo a cada lado

Según el Art. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° del Reglamento aplicativo de dicha Ley

LL = TERRENO PLANO D = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO

Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

3.8.Modelación Vial

La modelación en el diseño de carreteras ha revolucionado significativamente la manera en que se planifica y ejecutan los proyectos de infraestructura vial. Esta herramienta fundamental permite una visualización comprehensiva y análisis detallado de múltiples aspectos del diseño antes de su materialización física, optimizando recursos y minimizando riesgos potenciales (Díaz Linarez, 2019)

Las tecnologías de modelación moderna han transformado el proceso de diseño vial, permitiendo la creación de representaciones digitales altamente precisas que facilitan la evaluación de diversos escenarios y alternativas. La implementación de software especializado como AutoCAD Civil 3D ha expandido significativamente las capacidades de los diseñadores, permitiéndoles desarrollar modelos tridimensionales detallados que integran aspectos geométricos, geotécnicos y ambientales en una plataforma unificada (Acurio Grimaldo; Meza Junior, 2023).

La optimización del diseño mediante modelación digital representa un avance significativo en la ingeniería vial contemporánea. Esta metodología permite la identificación temprana de conflictos potenciales, facilitando ajustes y modificaciones antes de la fase constructiva. La capacidad de realizar análisis de seguridad vial virtuales, incluyendo estudios de visibilidad y comportamiento vehicular, contribuye significativamente a la creación de infraestructuras más seguras y eficientes (Nazif, 2011).

La integración de tecnologías BIM en el diseño vial ha revolucionado la gestión de información del proyecto. Estos sistemas permiten una colaboración más efectiva entre los

diferentes equipos involucrados, facilitando la coordinación de disciplinas y la detección temprana de interferencias. La capacidad de vincular información paramétrica a los elementos del modelo enriquece significativamente el proceso de toma de decisiones (Díaz Linarez, 2019).

Las simulaciones de tráfico avanzadas, integradas con modelos de diseño vial, permiten evaluar el comportamiento operacional de la infraestructura bajo diferentes condiciones de demanda. Estas herramientas facilitan la optimización de características geométricas y operativas, asegurando que la infraestructura propuesta satisfaga los requerimientos de capacidad y nivel de servicio proyectados (Casallas Gaitan & Galaraga Ocampo, 2024).

La visualización avanzada y la realidad virtual han transformado la comunicación con stakeholders y la participación pública en proyectos viales. La capacidad de generar representaciones fotorrealistas y experiencias inmersivas facilita la comprensión del proyecto por parte de audiencias no técnicas, mejorando significativamente el proceso de socialización y aprobación de proyectos (Casallas Gaitan & Galaraga Ocampo, 2024).

3.9. Tipos de pavimentos

Los pavimentos constituyen un elemento fundamental en la infraestructura vial, representando la interfaz directa entre los usuarios y la estructura de soporte del sistema de transporte. Su diseño y construcción requieren una comprensión profunda de las solicitudes esperadas y las características específicas de cada tipo de solución, considerando aspectos técnicos, económicos y funcionales que garanticen un desempeño óptimo durante su vida útil (AASHTO, 1993).

3.9.1. Pavimento Rígido

Caracterizado por su estructura basada en losas de concreto hidráulico, representa una solución técnica particularmente eficiente para condiciones de tráfico pesado y situaciones donde se requiere una alta durabilidad. La capacidad de distribución de cargas de este sistema se fundamenta en la rigidez inherente del concreto hidráulico, que permite dispersar las solicitaciones sobre áreas significativas de la subbase, reduciendo las tensiones transmitidas a las capas inferiores (Virto Tomasto, 2022).

Algunos de sus beneficios

- Durabilidad
- Mantenimiento Reducido
- Mayor Capacidad de carga

Estructura del Pavimento Rígido:

- Losa de Concreto o Cemento Hidráulico
- Capa de Subbase
- Capa de Subrasante

3.9.2. Pavimento Flexible

Presenta una configuración estructural fundamentada en la utilización de materiales en su capa superficial. Esta solución técnica se caracteriza por su capacidad de adaptación a las deformaciones del terreno, distribuyendo las cargas de manera gradual a través de su estructura multicapa. La flexibilidad del sistema permite una respuesta más adaptativa ante las solicitaciones dinámicas del tráfico (Nureña Villegas & Trujillo Portocarrero, 2021).

Algunos de sus beneficios son:

- Rapidez de construcción
- Mantenimiento sencillo

Estructura del Pavimento Flexible:

- Concreto Asfáltico
- Capa de Base
- Capa de Subbase

CAPITULO IV

4. Marco Metodológico

La infraestructura vial constituye un elemento fundamental para el desarrollo y la conectividad de las comunidades. En este contexto, el presente marco metodológico aborda el desafío de rehabilitar un tramo vial que presenta una particular complejidad debido a su composición estructural heterogénea. El segmento en estudio, que se extiende a lo largo de 1 Km con un ancho de 10 metros, exhibe una combinación de superficies que incluye sectores con pavimento flexible deteriorado, zonas con adoquines desgastados y tramos con capas de rodadura granular en condiciones subóptimas.

La singularidad de este proyecto radica en la necesidad de transformar esta diversidad estructural en una solución uniforme y duradera. El proceso investigativo se fundamenta en la premisa de que cada componente actual de la vía aporta información valiosa sobre el

comportamiento del suelo, los patrones de tráfico y las condiciones ambientales que han influido en su deterioro progresivo.

Para abordar esta problemática, se plantea un enfoque metodológico que contempla diversas etapas de análisis y diseño. Inicialmente, se realizará una evaluación exhaustiva de las condiciones existentes mediante estudios de tráfico, análisis geotécnico del suelo de fundación y evaluación estructural de los diferentes tipos de pavimento presentes. Esta información será fundamental para comprender las causas del deterioro actual y establecer los parámetros de diseño adecuados.

El proceso de rediseño se fundamentará en métodos y especificaciones técnicas actualizadas, considerando las cargas de tráfico proyectadas, las condiciones ambientales de la zona y la disponibilidad de materiales de alta calidad. La propuesta incluirá una estructura de pavimento uniforme con carpeta asfáltica, diseñada para proporcionar una vida útil óptima y un nivel de servicio adecuado para las necesidades de la comunidad. Por lo tanto, se plantea la siguiente metodología de trabajo:

4.1. Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico ejecutado constituye una fase esencial del proyecto de rehabilitación vial que conecta el Supermaxi Salinas con la Unidad Educativa del Pacífico. El trabajo de campo realizado abarca un tramo específico de 1 kilómetro de longitud con una sección transversal de 10 metros, donde se ha implementado una metodología rigurosa para la obtención de datos precisos.

Durante la ejecución del levantamiento, se empleó instrumentación especializada de alta precisión. La recolección de datos se realizó principalmente mediante una estación total, cuyas capacidades se complementaron estratégicamente con un sistema de posicionamiento global (GPS), asegurando así la correcta georreferenciación del proyecto en el espacio.

El trabajo de campo se desarrolló siguiendo un protocolo sistemático para la recolección de información planimétrica y altimétrica. Se establecieron puntos de control a intervalos regulares de 20 metros a lo largo del eje vial, densidad que permitió obtener una caracterización detallada de las condiciones existentes del terreno, registrando eficientemente las variaciones tanto en planta como en perfil.

La secuencia operativa implementada comenzó con el establecimiento de puntos de control geodésico mediante GPS. Estos puntos fueron ubicados estratégicamente para garantizar la precisión en la georreferenciación y establecer la vinculación correcta con el sistema de coordenadas nacional. A través de la estación total, se registró no solo la información del eje vial principal, sino también elementos complementarios como cunetas, bordillos y accesos, componentes que influirán significativamente en el diseño final.

La información recopilada durante el levantamiento constituye la base fundamental para la fase de diseño. Los datos obtenidos permiten identificar las variaciones críticas en las pendientes, localizar puntos de drenaje significativos y caracterizar otros elementos físicos relevantes para la propuesta de rehabilitación vial.

Para el procesamiento de la información recolectada, se implementó software especializado que facilitó la generación de modelos digitales del terreno. Estos modelos desarrollados fundamentan el diseño geométrico de la vía y permiten calcular con precisión los volúmenes de movimiento de tierras necesarios.

4.2. Estudio de tráfico y capacidad vial: Método AASHTO 93

El método AASHTO 93 fue desarrollado para proporcionar directrices sobre el diseño de pavimentos y la evaluación de la capacidad vial que tomen en cuenta las condiciones específicas del tráfico y las características de la carretera. Su uso es fundamental para garantizar que las infraestructuras puedan soportar los volúmenes de tráfico esperados (AASHTO, 1993).

La capacidad vial es el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto específico de una carretera en un intervalo de tiempo dado, bajo condiciones específicas.

El método AASHTO 93 proporciona fórmulas que permiten calcular la capacidad de diferentes tipos de vías, considerando factores como:

- Ancho de la calzada.
- Número de carriles.
- Tipo de pavimento.
- Clasificación de Vehículos

Este método permite clasificar los vehículos en diferentes categorías, permitiendo calcular la equivalencia entre diferentes tipos de vehículos, especialmente vehículos ligeros y pesados.

Para la realización del análisis se centra en medir el volumen de tráfico, que puede incluir tanto el flujo diario promedio como los patrones de congestión en horarios pico. Esto ayuda a identificar cuándo y dónde se producen cuellos de botella.

4.2.1. Conteo de tráfico

El conteo o aforo de tráfico constituye un proceso sistemático de medición que cuantifica y documenta el volumen de usuarios que atraviesan un punto o sección específica de una vía durante un intervalo temporal definido. Esta actividad fundamental en ingeniería de transporte puede realizarse mediante diversos métodos tecnológicos y manuales, cada uno adaptado a necesidades específicas de recolección de datos.

Los sistemas de medición han evolucionado significativamente en las últimas décadas, desde simples conteos manuales hasta sofisticadas tecnologías automatizadas. Las tecnologías modernas incluyen espiras inductivas instaladas bajo el pavimento, sistemas de video con procesamiento de imágenes, sensores radar y ondas electromagnéticas o pulsos láser, y sensores bluetooth que captan señales de dispositivos móviles para estimar flujos.

4.2.2. Trafico Promedio Diario Anual (TPDA)

Los cambios en el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) en diversos períodos son muy significativos en la evaluación del movimiento vehicular en el transcurso del año. Como ocurre con muchos fenómenos, la carga de tránsito tiene sus picos y decaídas debido a la climatología, feriados, conmemoraciones y hasta cambios estacionales. Al comprender en detalle estas oscilaciones se pueden orientar mejor las estrategias del manejo del tráfico y mejorar la planificación y adaptación de la red vial a las cambiantes necesidades del tráfico.

Tabla 1*Trafico Promedio Diario Anual*

Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)					Pesados						
			Livianos			Camiones				Livianos	
Hora	Fecha		Auto s	Camioneta s	Buses (2D)	2D A	3S 3	3 A	2S 3	Motos	Total, por día
8:30-16:30	Lunes	6/1/2025	437	112	6	13	5	7	2	136	718
8:30-16:30	Martes	7/1/2025	429	106	5	12	4	7	2	124	689
8:30-16:30	Miércoles	8/1/2025	433	109	6	15	4	6	1	129	703
8:30-16:30	Jueves	9/1/2025	459	118	6	14	5	7	2	143	754
8:30-16:30	Viernes	10/1/2025	481	123	7	14	6	8	2	150	791
8:30-16:30	Sábado	11/1/2025	503	129	7	15	6	8	2	156	826
8:30-16:30	Domingo	12/1/2025	457	116	6	14	5	7	2	140	747
Sumatoria			3199	813	43	97	35	50	13	978	5228

*Fuente: Autores***4.2.3. Cálculo del promedio diario semanal (TPDS)**

El monitoreo de las fluctuaciones del Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS) resulta esencial para entender los patrones de movilidad que se presentan durante los días de la semana. Las variaciones en los volúmenes de tráfico entre días laborables y fines de semana, así como las horas pico y valle características de cada día.

Donde:

$$\sum Ts = \text{La sumatoria total de carros transitado a la semana}$$

$$T.P.D.S. = \frac{1}{7} * \sum Ts$$

$$T.P.D.S = \frac{1}{7} * 5228$$

$$T.P.D.S = 747 \text{ vehiculos}$$

4.2.4. Factor de ajuste mensual (Fm)

Este factor se determina con el mes que se realizó el conteo vehicular, en este proyecto es el mes de enero.

Tabla 2*Factores de ajustes mensuales*

Mes	Factor
Enero	1.07
Febrero	1.132
Marzo	1.085
Abril	1.093
Mayo	1.012
Junio	1.034
Julio	1.982
Agosto	0.974
Septiembre	0.923
Octubre	0.931
Noviembre	0.953
Diciembre	0.878

Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)**4.2.5. Factor de ajuste diario**

El Factor de ajuste diario (Fd) constituye un parámetro esencial en el análisis del tráfico vehicular, ya que permite ajustar las variaciones del flujo vehicular que se presentan durante los diferentes días de la semana. Este factor se calcula mediante los datos recopilados durante un conteo vehicular completo de siete días, lo que permite observar y cuantificar los patrones de tráfico característicos tanto de días laborables como de fines de semana.

La importancia de este factor radica en su capacidad para normalizar los datos de tráfico, considerando que el volumen vehicular suele fluctuar significativamente entre días laborables y no laborables. Donde:

$$Fd = \frac{TPD}{TPDS}$$

Tabla 3

Factor de ajuste diario

Dias	Conteo Diario (TD)= Vehiculos por día	Factor de ajuste Diario =(TD/ TPDS)
Lunes	718	0,961
Martes	689	0,923
Miercoles	703	0,941
Jueves	754	1,010
Viernes	791	1,059
Sabado	826	1,106
Domingo	747	1,000
Promedio		1,0000

Fuente: Autores

El cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) se realiza mediante la siguiente formula:

$$TPDA = TPDS * (fm) * (fd)$$

$$TPDA = TPDS * (fm) * (fd)$$

$$TPDA = 747 * (1.07) * (1)$$

$$TPDA = 803 \frac{\text{Vehiculos}}{\text{día}} \text{ en ambos sentidos}$$

4.2.6. Trafico Diario

El análisis de esta información permite examinar y comprender la cantidad de vehículos que circulan durante un determinado intervalo de años.

$$TG = \text{tráfico generado} = 25\% \text{ TPDA existente}$$

$$TG = 802 * 0.25 = 201$$

Tabla 4

Tráfico diario

Tipo de vehiculo	Número	Porcentaje %
Livianos	766	96%
Buses	6	1%
Pesados	30	4%
Total	802	100%

Fuente: Autores

$$\text{Trafico asignado} = TPDA \text{ existente} + Tg$$

$$\text{Trafico asignado} = 802 + 201 = 1003$$

Tabla 5*Trafico asignado*

Tipo de vehiculo	Número	Porcentaje %
Livianos	958	96%
Buses	8	1%
Pesados	38	4%
Total	1003	100%

*Fuente: Autores***4.2.7. Trafico Proyectado**

Para estimar la proyección de 20 años se utiliza la siguiente formula:

$$Tf = Ta(1 + i)^n$$

Donde:

Tf = Trafico Futuro

Ta = Trafico actual

I = Tasa de crecimiento

N: Número de años para el cual está diseñada el proyecto

Se usan las tablas de crecimiento vehicular tomadas del ministerio de transporte y obras públicas, las cuales se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6*Crecimiento vehicular*

Tasas de crecimiento	Livianos	Buses	Camiones
2010-2020	3.75	1.99	2.24
2020-2030	3.37	1.80	2.02
2030-2040	3.06	1.63	1.84

Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

Se realizó un plan de previsión a largo plazo para los próximos 20 años, a partir de 2025.

Tabla 7*Proyección a 20 años de crecimiento vehicular*

Proyección a 20 años					
Años	n	Livianos	Buses	Camiones	Vehículos totales
2025	0	958	9	38	1005
2026	1	990	9	39	1038
2027	2	1024	9	40	1073
2028	3	1058	9	40	1107
2029	4	1094	10	41	1145
2030	5	1131	10	42	1183
2031	6	1148	10	42	1200
2032	7	1183	10	43	1236
2033	8	1219	10	44	1273
2034	9	1257	10	45	1312
2035	10	1295	11	46	1352
2036	11	1335	11	46	1392
2037	12	1375	11	47	1433
2038	13	1418	11	48	1477
2039	14	1461	11	49	1521
2040	15	1506	11	50	1567
2041	16	1552	12	51	1615
2042	17	1599	12	52	1663

2043	18	1648	12	53	1713
2044	19	1699	12	54	1765
2045	20	1751	12	55	1818

Fuente: Autores

4.2.8. Clasificación de la vía actual

La clasificación de la vía se determina tomando en consideración los estándares establecidos en la norma de diseño geométrico MTOP, y la vía se clasificará como vía de 3ra clasificación (III).

4.3. Estudio de suelo

La caracterización geotécnica de suelos es un paso fundamental en la planificación y construcción de estructuras. A través de una serie de pruebas de laboratorio, se determinan las propiedades físicas y mecánicas del suelo, permitiendo evaluar la capacidad portante del suelo, la permeabilidad al agua y otros parámetros relevantes. Las pruebas a realizar en este proyecto de titulación van hacer: Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor Modificada y Índice de Soporte de California (CBR).

4.3.1 Calicatas – ASTM D420

La investigación geotécnica del proyecto se ejecutó mediante tres calicatas distribuidas estratégicamente en el tramo vial que conecta el Supermaxi Salinas con la Unidad Educativa del Pacífico. Las excavaciones se realizaron con dimensiones técnicas estandarizadas: profundidad de 1.50 metros y diámetro de 60 centímetros, garantizando así el espacio necesario para la inspección visual y la obtención de muestras inalteradas. De cada calicata se extrajo una muestra

representativa de 35 kilogramos, cantidad que cumple con los requerimientos mínimos establecidos en las normas ASTM para la ejecución completa de los ensayos.

CALICATA C-1 (0+000): Ubicada al inicio del tramo vial, esta excavación permitió la extracción de 35 kg de material para los ensayos de laboratorio. Durante la exploración no se evidenció presencia del nivel freático hasta la profundidad investigada.

CALICATA C-2 (0+500): Situada en el punto medio del proyecto, de esta calicata se obtuvo una muestra de 35 kg para la caracterización geotécnica del suelo. La inspección visual no reveló presencia de nivel freático durante la excavación.

CALICATA C-3 (1+000): Localizada al final del tramo, esta excavación presentó características similares a las observadas en la calicata C-2. Se extrajo igualmente una muestra de 35 kg, aunque por la similitud con C-2, se optimizaron los ensayos de laboratorio. Esta correlación permitió validar la continuidad de las propiedades del suelo en este sector del proyecto.

Las muestras de 35 kg extraídas de cada calicata permitieron ejecutar los siguientes ensayos de laboratorio:

- Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422)
- Límites de Atterberg (ASTM D4318)

1. Límite líquido, Límite plástico y Índice de plasticidad

- Ensayo Proctor Modificado (ASTM D1557)

1. Densidad seca máxima y Humedad óptima

- Ensayo CBR (ASTM D1883)

1. Capacidad portante y Expansión

4.3.2. Ensayo de contenido de humedad

El ensayo de contenido de humedad se empleó las siguientes herramientas: balanza, muestras del suelo, taras para colocar la muestra, horno, espátulas utilizadas para sacar el material, en vez de usar las manos que perderá el contenido de humedad.

Se recolecto la muestra in situ y se guardó en bolsas herméticas las cuales evita que la muestra pierda humedad, se procedió a colocar la muestra en taras para pesarlas en la balanza, posteriormente se coloca las muestras en el horno a una temperatura constante de 110°C, las cuales duraron 12 horas para poder determinar su pérdida de humedad y ver cuál es su peso en seco para obtener el porcentaje de humedad del suelo natural.

Fórmula para contenido de humedad de acuerdo con la norma ASTM D2216

$$\% \text{ De Humedad} = \frac{\text{Peso humedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso seco} - \text{Peso de tarra}} * 100$$

Tabla 8

Calicata 1

Humedad Natural - Calicata # 1				
Nº Tarra	Peso Húmedo (Gr)	Peso Seco (Gr)	Peso Tarra (Gr)	% De Humedad
T # 1	357	345,2	114,6	3,30%

Fuente: Autores

Tabla 9*Calicata 2*

Humedad Natural - Calicata # 2=3				
N° Tarra	Peso Húmedo (Gr)	Peso Seco (Gr)	Peso Tarra (Gr)	% De Humedad
T # 2	414,9	406,4	115,2	2,04

Fuente: Autores

4.3.3. Muestreo de los agregados – ASTM D75

El ensayo de muestreo de agregados es un proceso crítico en la evaluación de la calidad de los materiales que se utilizarán en el rediseño de la vía de 1 km de longitud y 10 metros de ancho. En este contexto, se ha llevado a cabo un muestreo conforme a la norma ASTM D75, que establece los procedimientos para la recolección y manejo de muestras de agregados, asegurando la representatividad y fiabilidad de los resultados obtenidos.

Para realizar el cuarteo de las muestras, se emplearon herramientas específicas como pala, brocha, bandeja y horno, lo que permitió un manejo adecuado y controlado de los materiales. Se tomaron muestras de dos calicatas, identificadas como Calicata 1 y Calicata 2=3, con el objetivo de determinar el contenido de humedad de los agregados. Este proceso incluyó la medición del contenido de humedad perdido tras un periodo de secado de 12 horas a 110 grados centígrados, lo que es fundamental para evaluar la idoneidad de los agregados en el proyecto.

Los resultados obtenidos tras el secado de las muestras fueron significativos: la Calicata 1 presentó un peso de 3035,78 g con un contenido de humedad del 2,19%, mientras que la Calicata 2=3 mostró un peso de 3254,3 g y un contenido de humedad del 1,95%. Estos datos no solo permiten evaluar la calidad de los agregados, sino que también son esenciales para clasificar el

suelo y realizar un análisis granulométrico, lo que influye en la selección de los materiales adecuados para la construcción de la vía.

Tabla 10

Muestras para las realizaciones de las granulometrías

MUESTRAS PARA LA REALIZACIONES DE LA GRANULOMETRIAS		
MUESTRAS	PESO (Gr)	% CONTENIDO DE HUMEDAD
CALICATA # 1	3035,78 Gr	2,19%
CALICATA # 2=3	3254,3 Gr	1,95%

Fuente: Autores

4.3.4. Granulometría – ASTM D422

El análisis granulométrico es un procedimiento esencial para caracterizar la distribución de tamaños de partículas en los materiales que se utilizarán en el rediseño de la vía de 1 km de longitud y 10 metros de ancho. Este análisis se llevó a cabo conforme a la norma ASTM D422, que proporciona un método estandarizado para determinar la granulometría de los suelos y agregados. La información obtenida es crucial para clasificar adecuadamente los materiales y garantizar su idoneidad para el proyecto.

Para el análisis granulométrico, se utilizó un tamiz mecánico, abarcando una serie de tamices que van desde 1 1/2 pulgadas hasta el número 200. Cada tamiz fue pesado individualmente para calcular el peso retenido de la muestra en cada uno de ellos, lo que permitió la elaboración de una tabla de granulometría respectiva. Se realizaron muestreos de dos calicatas, identificadas como Calicata 1 y Calicata 2, utilizando 3035,78 g y 3254,3 g de muestra,

respectivamente. En el análisis de la Calicata 1, se determinó que la composición granulométrica era la siguiente: 7,06% de grava, 80,41% de arena y 12,53% de suelo fino. Por otro lado, la Calicata 2 presentó una distribución de partículas con 7,42% de grava, 80,38% de arena y 12,21% de suelo fino.

Ambas muestras fueron clasificadas según los sistemas AASHTO y SUCS, resultando en una clasificación A-3 y SM, respectivamente, lo que indica que se trata de arenas limosas. Estos resultados son fundamentales para la evaluación de la calidad de los materiales y su comportamiento en condiciones de carga.

4.3.5. Límites de Atterberg – ASTM D4318

Para la realización de estos ensayos de Límites de Atterberg, se ha determinado que no se llevarán a cabo este proceso conforme a la normativa D4328, que establece los procedimientos para la determinación del límite plástico y el límite líquido de los suelos. Esta decisión se fundamenta en los resultados del análisis granulométrico realizado, el cual indica que ambas muestras ensayadas se clasifican como SM, es decir, como arenas limosas.

La clasificación como SM implica que las muestras presentan características de suelo no plástico, lo que significa que no exhiben propiedades de plasticidad que justifiquen la evaluación de los límites de Atterberg. En suelos no plásticos, la ausencia de un comportamiento plástico y la falta de cohesión en condiciones de humedad hacen innecesarios los ensayos para determinar los límites líquido y plástico, ya que estos parámetros son relevantes únicamente para suelos que presentan plasticidad significativa.

4.3.6. Ensayo Proctor Modificado – ASTM D1557

Para la selección del método de Proctor que vamos a utilizar se tomó en cuenta a la normativa ASTM D1557, mediante los datos granulométricos se escogió el método B. Este ensayo es fundamental para determinar la densidad máxima y la humedad óptima de los suelos, lo que permite evaluar su comportamiento bajo condiciones de compactación.

Para la realización del ensayo, se utilizaron diversos materiales y herramientas, incluyendo un molde de Proctor de 4 pulgadas, bandeja para colocar el material, pala, guantes, probeta, tara y una masa de 10 lbs. Se trabajó con un peso de 15 kg de material previamente secado para cada calicata. En primer lugar, se tomaron las medidas del molde, incluyendo diámetro, radio y altura, para calcular el área y, posteriormente, el volumen del molde, datos que son esenciales para el cálculo del Proctor de la muestra.

El material se separó en 5 bandejas de 3 kg cada una por calicata. A cada bandeja se le añadió agua, utilizando la probeta para medir el 2% del total del material de 3 kg, incrementando hasta alcanzar el 10% de agua. Una vez incorporada el agua, se mezcló el material para asegurar una distribución homogénea de la humedad. Posteriormente, cada muestra de 3 kg, ya mezclada con agua, se dividió en cinco partes iguales para la realización del ensayo.

El proceso de compactación se llevó a cabo en el molde del Proctor, comenzando con una de las cinco partes. En cada capa, se dejó caer la masa de 10 lbs desde una altura de 18 pulgadas en forma de cruz, repitiendo este procedimiento 56 veces por capa hasta completar todas las capas. Una vez finalizada la compactación, se retiró la parte superior del molde y se enrasó el Proctor para que quedara de manera lisa, y se procedió a pesar el molde.

Para obtener datos representativos, se tomaron muestras de cada Proctor de la parte central utilizando una pala, asegurando que las muestras fueran adecuadas para el análisis. Estas muestras se pesaron y se llevaron al horno a 110 grados centígrados durante 12 horas para determinar la humedad óptima. En total, se realizaron cinco ensayos de Proctor por calicata, generando cinco muestras para humedad óptima que permitirán calcular la densidad seca y la humedad óptima de los materiales analizados.

Calicata # 1

Se obtuvo como resultado una densidad seca de 2070 kg/cm³ y una humedad óptima de 10,93 %.

Calicata # 2 = 3

Se obtuvo como resultado una densidad seca de 2050 kg/cm³ y una humedad óptima de 11,07 %

4.3.7. Índice de Soporte California (CBR) – ASTM D1883

La ejecución del ensayo CBR se desarrolló siguiendo los procedimientos establecidos en la norma ASTM D1883, empleando equipamiento técnico específico para garantizar la precisión de los resultados. El equipo utilizado comprendió moldes cilíndricos de 6 pulgadas de diámetro y 7 pulgadas de altura, complementados con collarines de 2 pulgadas, disco espaciador, martillo de compactación de 10 libras con altura de caída controlada de 18 pulgadas, pesas anulares de plomo de 5 libras, papel filtro, regleta metálica y horno de secado.

La preparación de las muestras inició con el secado del material en horno a 60 grados centígrados, seguido de un proceso de tamizado a través de la malla N°4. Para cada calicata se prepararon tres especímenes, requiriendo 15 kilogramos de material por muestra. La humedad óptima, previamente determinada mediante el ensayo Proctor Modificado, se incorporó al material de manera controlada para cada espécimen.

El proceso de compactación se ejecutó utilizando el sistema de cinco capas, distribuyendo uniformemente 5 kilogramos de material para cada molde. La energía de compactación se aplicó mediante tres diferentes patrones: 10, 25 y 56 golpes por capa, siguiendo un patrón en cruz para garantizar una distribución uniforme de la energía de compactación.

Una vez completada la compactación, se procedió al enrasado de la superficie mediante la regleta metálica, previo retiro del collarín. Posteriormente, se invirtió el molde, retirando el disco espaciador y colocando papel filtro en la superficie expuesta. Se registró el peso de cada espécimen compactado para los cálculos correspondientes.

La fase de inmersión requirió la colocación de la placa perforada y las sobrecargas anulares, manteniendo un peso total no superior a 5.5 libras. Los especímenes se sumergieron completamente en agua durante un período de 96 horas, realizando mediciones diarias de expansión para evaluar el potencial de hinchamiento del suelo.

Transcurrido el período de inmersión, se retiraron los especímenes permitiendo un drenaje controlado durante 30 minutos. Se procedió al retiro de las sobrecargas y al registro del peso final, preparando las muestras para la siguiente fase de ensayo de penetración.

Para la evaluación de resistencia a la penetración se efectuó mediante el equipo automatizado CBR/MARSHALL LOADER modelo 5170, fabricado por HUMBOLDT. Este dispositivo está equipado con un penetrómetro normalizado de 50.8 mm de diámetro que, mediante un sistema hidráulico de precisión, aplica una carga a velocidad constante de 1.27 mm/minuto.

El procedimiento operativo se inició con la colocación del espécimen en la plataforma de ensayo, asegurando su correcta alineación con el pistón de penetración. Se replicaron las condiciones de sobrecarga utilizadas durante la fase de inmersión, instalando inicialmente el anillo de carga central seguido de los pesos complementarios. Esta configuración simula las condiciones de confinamiento que experimentará el material bajo la estructura del pavimento.

La instrumentación digital integrada en el equipo permitió el registro automático de las lecturas de carga-penetración. El proceso de adquisición de datos se controló mediante el panel de comando electrónico, que monitorea y registra la respuesta del material ante la aplicación de carga progresiva.

Los datos obtenidos por calicatas son:

Calicata # 1

Con los datos obtenidos del Proctor modificado, se obtuvo como resultado una densidad seca máxima de 2070 kg/cm³ y un CBR con porcentaje de 20,9%.

Calicata # 2 = 3

Con los datos obtenidos del Proctor modificado, se obtuvo como resultado una densidad seca máxima de 2050 kg/cm³ y un CBR con porcentaje de 18,9%.

4.4. Selección del CBR del Diseño

Para selección el CBR del diseño, se toma el valor del percentil a lo establecido por el instituto de asfalto:

Figura 18

Valor del percentil

No. De ejes de 8,2 Ton en el carril de diseño Nt	Porcentaje para seleccionar para hallar la resistencia
<10 ⁴	60
10 ⁴ - 10 ⁶	75
>10 ⁶	90

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013

Este proyecto arroja un valor de 502178,33 ejes en el carril del diseño, de lo cual se escoge el valor del 75 % para el diseño

4.5. Diseño Geométrico

La metodología del diseño geométrico de la vía, conforme a la normativa vigente del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) del Ecuador, incluye aspectos fundamentales como la velocidad de diseño, velocidad de circulación y la sección transversal de la vía.

4.6. Velocidad de Diseño

La velocidad de diseño influye de manera considerable en todos los cálculos asociados a los elementos del diseño geométrico de la vía. Esta velocidad se determina teniendo en cuenta tanto la topografía del terreno como el volumen de tráfico esperado. En el caso de terrenos llanos, se establece el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) del proyecto, lo que permite clasificar la vía como de tercer orden. Esto implica que la vía está diseñada para soportar un nivel específico de tráfico y condiciones de circulación, optimizando así su funcionalidad y seguridad.

Tabla 11

Velocidad de diseño

CATEGORIA DE LA VIA	VELOCIDAD DE DISEÑO Km/h			
	BASICA		RELIEVE LLANO	
	Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otras dependientes de la velocidad	
	Recomendada	Absoluta	Recomendada	Absoluta
R-I o R-II	120	110	100	95
I	110	100	100	90
II	100	90	90	85
III	90	80	85	90
IV	80	60	80	60
V	60	50	60	50

Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

4.7. Velocidad de Circulación

Para determinar la velocidad de tránsito de esta vía se va a determinar mediante el TPDA, de la cual se va a utilizar esta fórmula si no supera los 1000 vehículos.

$$V_c = 0,8 V_d + 6,5$$

$$V_c = 0,8 (90) + 6,5$$

$$V_c = 78,5 \text{ Km/h}$$

4.8. Sección Transversal

Según la clasificación, las carreteras que analizamos entran en la categoría de clase III (carreteras absolutas). La clasificación se basa en varios factores, incluido el tráfico diario promedio proyectado (AADT) y las características topográficas. En el caso específico de esta carretera, TPDA tiene un recuento de vehículos previsto en el rango de 300 a 1000 vehículos, lo que entra dentro de la categoría antes mencionada. Aportando información necesaria para el correcto diseño y dimensionamiento de la infraestructura vial, asegurando que se cumpla con los estándares requeridos para garantizar una conducción segura y eficiente.

4.9. Diseño de pavimento

4.9.1. Método AASHTO 93

El Método AASHTO 93 se ha consolidado como una herramienta esencial en el diseño de pavimentos, puesto que proporciona un procedimiento sistemático para establecer el espesor óptimo tanto de la losa de hormigón como de las capas que la sustentan.

Para implementar correctamente este método en el diseño de una calle, es necesario, en primer lugar, recopilar datos exhaustivos sobre el tráfico que se prevé circulará por ella, así como

información detallada sobre las características del suelo, incluyendo específicamente el índice CBR. Posteriormente, se debe proceder con un análisis minucioso del tráfico, durante el cual los diferentes tipos de vehículos se convierten en un número equivalente de ejes estándar, lo que simplifica significativamente los cálculos del diseño.

Resulta fundamental determinar qué proporción de la carga se transmitirá hacia las capas inferiores del pavimento, tomando en consideración la rigidez específica de los materiales utilizados. La ecuación de diseño relacionada al método explicado es:

$$\log_{10} Wt_{18} = Z_r * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1049}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.39 * \log_{10} Mr - 8.07$$

Donde:

Wt_{18} : Cantidad de ciclos de carga equivalentes a 80 KN acumulados durante el período de diseño

Z_r : Valor desviador en una curva de distribución normal en función de la confiabilidad del diseño

S_o : Desviación estándar del sistema.

PSI : Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño

MR : Módulo resiliente de la subrasante y de las capas de la base y subbase granulares.

SN: Número estructural o capacidad para la estructura de soportar cargas bajo las condiciones de diseño.

Para estimar los ejes de equivalentes acumulados, se requiere calcular el número total de ejes equivalentes de 8,2 toneladas, esta cifra nos permite determinar la carga total al cual el pavimento deberá soportar a lo largo de su vida útil. Se elige un periodo de diseño de 20 años, determinado en el rango estimado para los periodos de evaluación. Esta opción garantiza que el diseño de la vía sea adecuado y se ajuste a las condiciones y requisitos estimados a lo largo del periodo de tiempo señalado.

4.9.2. Cálculo de factor ESAL'S

La determinación de los Ejes Equivalentes de Carga (ESAL's), se emplearon como referencia los valores de carga por eje y los factores de equivalencia establecidos en los apéndices de la metodología AASHTO-93 para el Diseño de Estructuras de Pavimentos.

4.9.2.1. Factor direccional

Tabla 12

Factor direccional: normalmente 0,5, la mitad va en cada dirección.

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado (Fd x Fc para carril de diseño)
1 calzada (para IMDA total de la calzada)	1 sentido	1	1	1	1
	1 sentido	2	1	0,8	0,8
	1 sentido	3	1	0,6	0,6
	1 sentido	4	1	0,5	0,5

	2 sentidos	2	0,5	0,8	0,4
2 calzadas con separador central (para IMDA total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0,5	1	0,5
	2 sentidos	2	0,5	0,8	0,4
	2 sentidos	3	0,5	0,6	0,3
	2 sentidos	4	0,5	0,5	0,25

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASTHO,1993

4.9.2.2. Factor de Distribución por carril – Fc

Tabla 13

En este caso el valor varía entre 1 y 05 dependiendo de la tabla.

Número de carriles en una sola dirección	$[LC]^{11}$
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASTHO,1993

4.9.2.3. Factor de presión de neumático Fp

Tabla 14

Factores de ajustes

FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICO (Fp) PARA EJES EQUIVALENTES (EE)							
Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psi PCN= 0,90x(Presión de inflado del neumático)(psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1	1,36	1,8	2,31	2,91	3,59	4,37
60	1	1,33	1,72	2,18	2,69	3,27	3,92
70	1	1,28	1,65	2,04	2,49	2,99	3,53
80	1	1,25	1,59	1,94	2,34	2,74	3,2

90	1	1,25	1,53	1,84	2,17	2,52	2,91
100	1	1,21	1,48	1,74	2,04	2,3	2,66
110	1	1,21	1,43	1,66	1,9	2,12	2,46
120	1	1,17	1,39	1,58	1,82	2,02	2,3
130	1	1,15	1,37	1,52	1,72	1,87	2,12
140	1	1,15	1,35	1,46	1,6	1,78	1,95
150	1	1,13	1,26	1,39	1,52	1,65	1,79
160	1	1,13	1,26	1,39	1,52	1,65	1,79
170	1	1,1	1,21	1,32	1,43	1,53	1,66
180	1	1,08	1,19	1,26	1,35	1,43	1,53
190	1	1,08	1,15	1,21	1,26	1,32	1,39
200	1	1,08	1,15	1,15	1,15	1,21	1,26

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASTHO,1993

4.9.2.4. Repeticiones de carga W18

Durante el período de diseño, se utiliza una fórmula que considera cada tipo de vehículo.

$$W8.2 (ESALs) = \sum EEi * Fca * 365$$

$$Fca = ((1 + r)^n - 1)/r$$

Donde:

N = Número de años de diseño

R = % tasa de crecimiento de vehículo pesado = 0.02%

Tabla 15

Repeticiones de carga W18

Tipo de vehículo	EJE	Tipo de eje	Carga por eje			FSS, FSD, FT, FTR	Fvp O FCE	Nº de Ejes	Cantidad TPDA	FD	F C	F P	Nº de EE
			Tonela da	Kn	Kip								
	1	Simple	0,42	4,12	0,93	1,64E-05	0,0035	2	802	0,5	1	1	1,3915722

Automóvil (Simple)	1	Simple	1,6	15,69	3,53	3,45E-03								
Camioneta (Simple)	1	Simple	0,6	5,88	1,32	6,83E-05	0,0176	2	156	0,5	1	1	1,3691688	
	1	Simple	2,4	23,54	5,29	1,75E-02								
Bus (Simple)	1	Simple	3	29,42	6,61	4,27E-02	0,1776	2	9	0,5	1	1	0,7992206	
	1	Simple	4	39,23	8,82	1,35E-01								
Camión Pesado (2DA)	1	Simple	3	29,42	6,61	4,27E-02	0,5737	2	19	0,5	1	1	5,4505298	
	1	Simple LL doble	7	68,65	15,43	5,31E-01								
Camión Pesado (2S3)	1	Simple	7	68,65	15,43	1,27E+00	5,69	5	6	0,5	1	1	17,067724	
	1	Simple LL doble	11	107,87	24,25	3,24E+00								
	3	Tridem LL doble	24	235,36	52,91	1,19E+00								
Camión Pesado (3A)	1	Simple	7	68,65	15,43	1,27E+00	4,43	3	10	0,5	1	1	22,129303	
	2	Tadem LL doble	20	196,13	44,09	3,16E+00								
Camión Pesado (3S3)	1	Simple	7	68,65	15,43	1,27E+00	5,611	6	3	0,5	1	1	8,4171722	
	2	Tadem LL doble	20	196,13	44,09	3,16E+00								
	3	Tridem LL doble	24	235,36	52,91	1,19E+00								
												ΣEEI	56,62469	
												FCA	24,29737	
												ΣEsals	502178,33	

Fuente: Autores

4.9.3. Confiabilidad R

La confiabilidad de diseño constituye un elemento fundamental en la planificación de pavimentos, dado que establece una relación directa entre el desempeño de este y los factores externos que lo afectan. Es importante destacar que la clasificación de confiabilidad refleja claramente tanto la relevancia como el nivel de servicio que se requiere.

Tabla 16*Nivel de confiabilidad*

Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de Confiabilidad (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	100,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750,001	1,000,000	85%
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	3,000,001	5,000,000	85%
	TP7	5,000,001	7,500,000	85%
	TP8	7,500,001	10,000,000	90%
	TP9	10,000,001	12,500,000	90%
	TP10	12,500,001	15,000,000	90%
	TP11	15,000,001	25,000,000	95%
	TP15	>30,000,000		95%

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASTHO, 1993

El valor de confiabilidad se estima un 80%, considerando que la vía se encuentra en una zona urbana. Esta elección refleja las propiedades y condiciones de la región, tomando en cuenta el nivel de tráfico y recursos disponibles para el mantenimiento necesario del pavimento. El 80% de confiabilidad garantiza el diseño del pavimento sea conveniente para la exigencia de durabilidad y rendimiento esperado en el contexto urbano específico.

4.9.4. Desviación estándar Z_r

La desviación estándar constituye un elemento crucial en el diseño de pavimentos, dado que refleja la variabilidad existente en las cargas e influencias externas que impactan en su diseño. Por consiguiente, es necesario determinar este valor en función de la confiabilidad (R) seleccionada, la cual se puede obtener mediante la consulta de una tabla específica.

A través de dicha tabla, es posible identificar el valor apropiado de desviación estándar que se corresponda con el nivel de confiabilidad requerido para el diseño del pavimento. De esta manera, se garantiza que el diseño final tome en consideración todas las incertidumbres asociadas, lo que resulta en una estructura más segura y confiable.

Tabla 17

Desviación Estándar Normal (Zr)

Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados	Desviación Estándar Normal (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	100,001 - 150,000	-0.385
	TP1	150,001 - 300,000	-0.524
	TP2	300,001 - 500,000	-0.674
	TP3	500,001 - 750,000	-0.842
	TP4	750,001 - 1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	TP5	1,000,001 - 1,500,000	-1.036
	TP6	1,500,001 - 3,000,000	-1.036
	TP7	3,000,001 - 5,000,000	-1.036
	TP8	5,000,001 - 7,500,000	-1.282
	TP9	7,500,001 - 10,000,000	-1.282
	TP10	10,000,001 - 12,500,000	-1.282
	TP11	12,500,001 - 15,000,000	-1.282
	TP12	15,000,001 - 20,000,000	-1.645
	TP13	20,000,001 - 25,000,000	-1.645
	TP14	25,000,001 - 30,000,000	-1.645
	TP15	>30,000,000	-1.645

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASTHO, 1993

En el nivel de confianza seleccionado, la tabla de valores de desviación estándar muestra que Z_r es igual a -0,842

4.9.5. Desviación Estándar del Sistema “So”

La Desviación Estándar representa un factor fundamental que refleja las condiciones locales, incluyendo probables variaciones en el rendimiento del pavimento y las proyecciones del tránsito. El método AASHTO-93, se establece como valor recomendado una desviación estándar de $S_o = 0,45$. Este parámetro resulta fundamental, ya que contempla la variabilidad prevista en las cargas y demás factores externos que ejercerán influencia sobre el pavimento durante toda su vida útil.

Al implementar esta recomendación en el proceso de diseño, se asegura el desarrollo de un pavimento robusto y fiable, que toma en consideración las diferentes incertidumbres vinculadas a las condiciones específicas del lugar donde será construido.

4.9.6. Índice de serviciabilidad “PSI”

El factor de índice de serviciabilidad representa una medición fundamental que indica el nivel de confort que la superficie de rodadura ofrece después de la construcción del pavimento. En particular, este índice refleja de manera precisa la variación entre la serviciabilidad que presenta el pavimento al inicio y al final de su vida útil.

De acuerdo con las especificaciones establecidas en el Método AASHTO-93, para el caso específico de un pavimento flexible, se debe considerar un valor de 3.8, mientras que al término de su vida útil se establece un valor final de 2.0. Cabe destacar que estos valores son indicadores clave, ya que representan tanto la calidad de la superficie de rodadura como su capacidad para

mantener una experiencia de conducción confortable a lo largo del tiempo. De este modo, se busca garantizar que el pavimento mantenga sus características óptimas durante toda su vida útil.

Indicando:

$$\Delta PSI = P_I - P_T$$

$$\Delta PSI = 3.8 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 1.8$$

Tabla 18

Diferencial de Serviciabilidad

Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados	Diferencial de Serviciabilidad (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001 - 300,000	1.80
	TP2	300,001 - 500,000	1.80
	TP3	500,001 - 750,000	1.80
	TP4	750,001 - 1,000,000	1.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001 - 1,500,000	1.50
	TP6	1,500,001 - 3,000,000	1.50
	TP7	3,000,001 - 5,000,000	1.50
	TP8	5,000,001 - 7,500,000	1.50
	TP9	7,500,001 - 10,000,000	1.50
	TP10	10,000,001 - 12,500,000	1.50
	TP11	12,500,001 - 15,000,000	1.50
	TP12	15,000,001 - 20,000,000	1.20
	TP13	20,000,001 - 25,000,000	1.20
	TP14	25,000,001 - 30,000,000	1.20
	TP15	>30,000,000	1.20

Fuente:

Guía

para el diseño de estructuras de pavimento, AASTHO, 1993

4.9.7. Módulo de Resiliente de la subrasante “Mr”

El módulo Resiliente de la subrasante es el valor máximo la cual no permite que el material se deforme de manera plástica. En el método de diseño de AASTHO-93, se recomienda usar la siguiente ecuación de correlación para el Índice de resistencia Californiano “CBR” del 25 %. Esta ecuación proporciona una correlación entre el CBR y el Módulo Resiliente, permitiendo estimar la capacidad de soporte de la subrasante en función del resultado del CBR.

$$Mr = 2555(CBR\%)^{0.64}$$

$$Mr = 2555(20)^{0.64}$$

$$Mr = 17380,01 \text{ PSI}$$

4.9.8. Determinación de coeficientes estructurales

Para determinar los espesores de las capas que conforman el pavimento, se utiliza la siguiente fórmula:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde:

$a_1, a_2, a_3 =$ Coeficientes estructurales de la capa asfáltica, base y subbase

$D_1, D_2, D_3 =$ Espesor de la capa asfáltica, base y subbase

$m_2, m_3 =$ Coeficiente de drenaje para la base y subbase

Tabla 19*Coefficiente Estructural de la capa asfáltica*

Componente del Pavimento	Coefficiente	Valor Coeficiente Estructural ai (cm)	Observación
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 oC (68 oF)	a1	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	a1	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Micropavimento 25mm	a1	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	a1	0.250 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm	a1	0.150 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASTHO,1993

Como se muestra en el gráfico, el coeficiente estructural de la capa asfáltica en el diseño se establece en 0.170 cm. Este coeficiente es un parámetro esencial que describe la capacidad de mezcla asfáltica para soportar cargas y contribuir a la estructura del pavimento. La sección del

coeficiente estructural apropiado garantiza que la capa cumpla con los requisitos de durabilidad y resistencia necesarios para un rendimiento óptimo.

- Coeficientes Estructural de la capa de base

El artículo 404 de las Especificaciones Generales del MTOP establece que la capacidad portante CBR de la capa base de un pavimento vial debe ser como mínimo del 80%. Para calcular el módulo elástico de la base granular, utilice la información que se muestra en la gráfica.

Como se muestra en el gráfico, el coeficiente estructural de la capa base en el diseño se establece en 0.054 cm.

Tabla 20

Coeficiente estructural de la capa base

Componente del Pavimento	Coeficiente	Valor Coeficiente Estructural a_i (cm)	Observación
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 5'000,000$ EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $> 5'000,000$ EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a2a	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico

Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a2b	0.070 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a2c	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASTHO,1993

- Coeficiente Estructural de la capa subbase

De acuerdo con las especificaciones generales del MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas), el artículo 404 estipula que el valor de soporte CBR de la capa subbase debe ser igual o mayor al 40%. Para calcular el módulo elástico de la matriz granular, se utiliza la información proporcionada en el gráfico.

Tabla 21

Valor Coeficiente Estructural ai

Componente del Pavimento	Coeficiente	Valor Coeficiente Estructural ai (cm)	Observación
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a3	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico ≤ 15'000,000 EE
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	a3	0.050 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASTHO,1993

Como se muestra en el gráfico, el coeficiente estructural de la capa subbase en el diseño se establece en 0.047 cm.

4.9.9. Factores de drenaje “Cd”

Es importante considerar la calidad del drenaje en el diseño del pavimento porque un drenaje adecuado ayuda a prevenir la acumulación de agua y el deterioro del pavimento. Al clasificar el tiempo de drenaje del subsuelo como bueno, los coeficientes estructurales se ajustan en consecuencia para garantizar la respuesta y el rendimiento óptimos del pavimento en relación con las condiciones de drenaje.

El método 93 de AASHTO proporciona un sistema que permite ajustar los coeficientes estructurales que tiene en cuenta la calidad del drenaje del pavimento. Según este método, el periodo de drenaje se da como una semana para la capa subbase, que se clasifica como un buen drenaje como se muestra en la tabla.

Tabla 22

Clasificación de un buen drenaje

Calidad del Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drena

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASTHO,1993

Tabla 23

Capacidad de Drenaje	Menos del 1%	1 a 5%	5 a 25%	Más del 25%
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Malo	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Clasificación de un buen drenaje

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASTHO, 1993

A continuación, calcule el porcentaje de tiempo que la estructura está expuesta a una humedad cercana a la saturación. Esto da como resultado un coeficiente de drenaje de la capa base y subbase de 1 para este diseño.

4.9.10. Cálculo de número Estructural

Después de realizar los cálculos anteriores, calcule el número de estructura SN proyectado a W18 utilizando la fórmula general correspondiente.

El número de estructura SN es una medida de la capacidad estructural de una carretera para soportar cargas de tráfico durante su vida útil. Se utiliza para evaluar la resistencia y durabilidad de los pavimentos y determinar el espesor adecuado. La fórmula general para calcular el número de estructura SN se basa en factores como el tipo de material utilizado en cada capa del pavimento.

Una vez que los datos requeridos están disponibles, se aplica una fórmula general para calcular el número de estructura SN. Este valor determina si el espesor del pavimento es

suficiente para soportar las cargas de tráfico esperadas y cumplir con los requisitos de durabilidad y vida útil del pavimento.

Tabla 24

Diseño de pavimento

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE		
Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento	ESAL(W18)	502 178
Suelo de la subrasante	CBR =	20,0 %
Módulo de resiliencia de la subrasante $Mr(psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$	MR (psi)=	17380,01
Tipo de tráfico VERDADERO	Tipo:	TP3
Número de etapas	Etapas:	1
Nivel de confiabilidad	conf.	80,0 %
Coefficiente estadístico de desviación estandar normal	ZR	-0,842
Desviación estandar combinado	So	0,45
Indice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico	Pi	3,8
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico	Pt	2
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	ΔPSI	1,8

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Número estructural requerido	Calcular SN	SNR=	2,080
------------------------------	-------------	------	-------

Fuente: Autores

4.9.11. Espesores Calculados para diseño

Para determinar las secciones transversales de las estructuras de pavimento flexible se realizaron los siguientes cálculos:

Tabla 25

Tabla para calcular las capas del pavimento

Coeficientes estructurales de las capas

CAPA SUPERFICIAL	BASE	SUBBASE
a1	a2	a3
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS
Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico ≤ 15'000,000 EE
0,170	0,054	0,047

Coeficientes de drenaje para Bases y SubBases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

m2	m3
1	1

$$SNR = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

Cálculo de espesores de las capas

d1	d2	d3
5 cm	15 cm	15 cm
Capa superficial	Base	SubBase

SNR (Requerido)	2,080	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)
SNR (Resultado)	2,365	SI CUMPLE

Fuente: Autores

Figura 19

Distribución en alturas de capas



Fuente: Autores

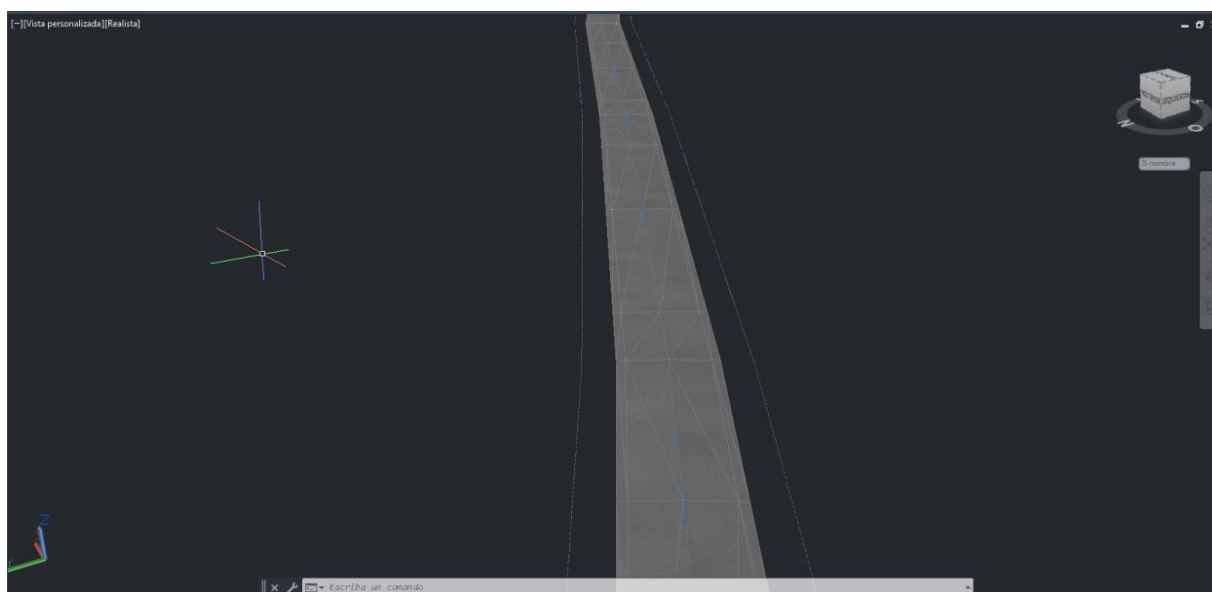
4.10. Modelación Vial

El proceso de modelación vial en Civil 3D inicia con la importación del levantamiento topográfico, generando una superficie TIN que representa fidedignamente el terreno natural. El

software calcula automáticamente elementos de curvatura, aplicando radios mínimos, longitudes de transición y peraltes según la velocidad de diseño establecida. El perfil longitudinal se genera por proyección del alineamiento sobre la superficie existente, permitiendo el diseño vertical mediante tangentes y curvas parabólicas. La implementación del corredor vial integra secciones típicas mediante parámetros definidos: anchos de calzada y elementos de drenaje.

Figura 20

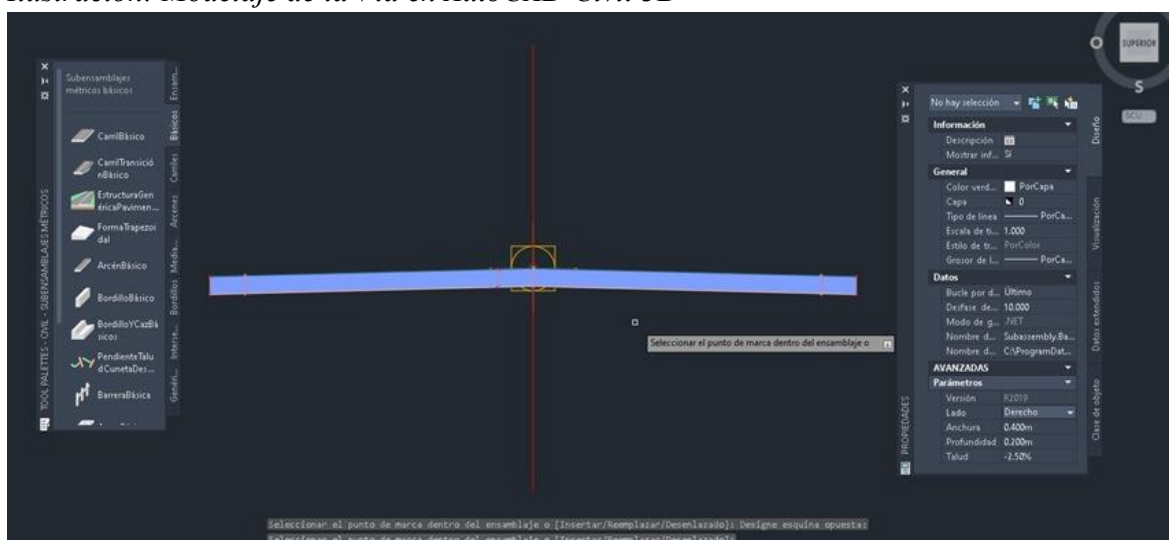
Ilustración: Modelaje de la Vía en AutoCAD Civil 3D



Fuente: Autores

Figura 21

Ilustración: Modelaje de la Vía en AutoCAD Civil 3D



Fuente: Autores

5. Análisis de Resultados

El análisis de datos es una etapa crucial en la evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de los materiales utilizados en el rediseño de la vía de 1 km de longitud y 10 metros de ancho. A través de la topografía, estudio de suelo como el análisis granulométrico, el Proctor modificado, CBR (California Bearing Ratio), diseño geométrico y diseño de pavimento, se han obtenido resultados que permiten caracterizar adecuadamente los suelos y agregados. A continuación, se presentan los resultados obtenidos, que servirán como base para la interpretación y aplicación en el proyecto.

5.1. Topografía

El levantamiento topográfico realizado para el proyecto de rehabilitación vial que conecta el Supermaxi Salinas con la Unidad Educativa del Pacífico ha proporcionado información crucial sobre las características del terreno. A lo largo de un tramo de 1 kilómetro y con una sección transversal de 10 metros, se implementó una metodología rigurosa utilizando instrumentación de alta precisión, como una estación total y un sistema de posicionamiento global (GPS), lo que garantizó una georreferenciación exacta.

Los datos recolectados, obtenidos a partir de puntos de control establecidos cada 20 metros, permitieron una caracterización detallada del terreno, revelando que este es predominantemente llano. Esta condición del terreno facilita el diseño geométrico de la vía y optimiza las condiciones de construcción. Además, se identificaron variaciones en las pendientes y puntos de drenaje significativos, elementos que son esenciales para la funcionalidad y durabilidad de la infraestructura.

5.2. Estudio de Tráfico

El estudio de tráfico realizado ha permitido caracterizar detalladamente los patrones de movilidad y demanda vehicular del sector. Los resultados del estudio indican un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 803 vehículos, con una composición vehicular que comprende 95% de vehículos livianos, 1% de buses y 4% de vehículos pesados.

5.3. Estudios de Suelos

Los estudios de suelo realizados en las calicatas # 1 y # 2 = 3 han proporcionado información clave sobre las características geotécnicas de los materiales. Ambas calicatas fueron clasificadas como SM (arena limosa) y A-3, indicando que son suelos no plásticos.

En cuanto a la humedad natural, se registraron valores de 3,3% para la Calicata # 1 y 2,04% para la Calicata # 2 = 3. Los límites de Atterberg confirmaron que ambos suelos son no plásticos, lo que simplifica su manejo en el diseño y construcción.

La densidad seca fue de 2070 kg/m³ para la Calicata # 1 y 2050 kg/m³ para la Calicata # 2 = 3, lo que sugiere una buena compactación de los materiales. La humedad óptima se determinó en 10,93% para la Calicata # 1 y 11,07% para la Calicata # 2 = 3, valores que son relevantes para el proceso de compactación.

Finalmente, el porcentaje de CBR (California Bearing Ratio) fue de 20,9% para la Calicata # 1 y 18,9% para la Calicata # 2 = 3, lo que indica una capacidad de soporte adecuada para el diseño de la vía. En conjunto, estos resultados proporcionan una base sólida para la planificación y ejecución del proyecto de rehabilitación vial.

Tabla 26

Resultados de los Estudios de Suelo

Resultados de los Estudios de Suelo

Ensayos	Calicata # 1	Calicata # 2 = 3
Clasificación de Suelo	SM ; A - 3	SM ; A - 3
Humedad Natural	3,3 %	2,04 %
Límites de Atterberg	No Plástico	No Plástico
Densidad Seca	2070 Kg/m ³	2050 Kg/m ³
Humedad Optima	10,93 %	11,07 %
Porcentaje de CBR	20,9 %	18,9 %

Fuente: Autores

5.4. Diseño Geométrico

Se planteó un diseño vial alternativo con el objetivo de optimizar las condiciones operativas y estructurales de la vía existente. Debido a que la vía es recta y no presenta curvas ni radios de curvatura significativos, se centró el diseño en garantizar un tránsito vehicular seguro y fluido, cumpliendo con los parámetros técnicos establecidos por la normativa vigente.

La propuesta incluye la ampliación de la calzada a un ancho total de 10 metros, lo que permite la disposición de dos carriles de circulación, cada uno de 5 metros, para tránsito en ambos sentidos. Esta configuración mejora la capacidad y funcionalidad de la vía al garantizar un ancho adecuado para maniobras vehiculares y un flujo continuo.

Dado que el terreno es predominantemente llano, no fue necesario desarrollar un análisis vertical detallado, ya que no se identificaron pendientes significativas. Las elevaciones mínimas y máximas del terreno presentan variaciones insignificantes, lo que simplifica el diseño y

garantiza un cumplimiento eficiente de los estándares de seguridad vial y confort para los usuarios.

5.5. Diseño de Pavimento

Para el diseño estructural del pavimento, se definieron espesores específicos para cada una de sus capas con base en las solicitudes de tráfico y los requerimientos normativos. La capa asfáltica, que constituye la superficie de contacto directo con los vehículos, se diseñó con un espesor de 5 cm. Este espesor garantiza la resistencia necesaria para soportar las cargas dinámicas del tránsito y proporciona una superficie duradera con alta resistencia al desgaste.

La capa base, ubicada directamente bajo la capa de rodadura, se diseñó con un espesor de 15 cm. Su función principal es distribuir las cargas vehiculares de manera uniforme hacia las capas inferiores, asegurando la estabilidad estructural del sistema de pavimento y minimizando las deformaciones.

Finalmente, la capa de subbase, situada debajo de la base, también cuenta con un espesor de 15 cm. Esta capa desempeña un papel crucial en la mejora del soporte general del pavimento, así como en la provisión de un drenaje adecuado, lo que contribuye a la estabilidad del sistema y extiende la vida útil del pavimento bajo diferentes condiciones de carga y clima.

6. Conclusiones

En conclusión, tras la culminación del proyecto de rehabilitación vial y el análisis exhaustivo de los estudios técnicos realizados, se pueden establecer las siguientes determinaciones:

Del análisis integral efectuado, se confirma la viabilidad técnica del proyecto, sustentada en los resultados geotécnicos que revelaron un suelo clasificado como SM (arena limosa), con propiedades mecánicas favorables evidenciadas por valores de CBR entre 18.9% y 20.9%, garantizando así una subrasante competente para la estructura vial propuesta.

Los estudios de tránsito ejecutados determinaron un TPDA de 803 vehículos, información fundamental que permitió dimensionar apropiadamente la estructura del pavimento flexible, configurada con una carpeta asfáltica de 5 cm, capas granulares de base y subbase de 15 cm respectivamente, asegurando la durabilidad y funcionalidad de la vía.

El levantamiento topográfico realizado evidenció características favorables del terreno, permitiendo implementar un diseño geométrico óptimo con una sección transversal de 10 metros, distribuida equitativamente en dos carriles. Esta configuración responde eficientemente a las necesidades de movilidad del sector.

Los ensayos de compactación concluyeron con resultados satisfactorios, alcanzando densidades secas aproximadas de 2060 kg/m³ y humedades óptimas del 11%, parámetros que garantizan la estabilidad estructural requerida para el pavimento proyectado.

Finalmente, se determina que la rehabilitación vial propuesta entre el Supermaxi Salinas y la Unidad Educativa del Pacífico cumple con todos los parámetros técnicos establecidos en la normativa vigente, asegurando una infraestructura vial resiliente y funcional que satisface las necesidades de conectividad del sector.

7. Recomendaciones

Se recomienda implementar un programa de inspecciones anuales de la vía. Estas evaluaciones permitirán identificar de manera proactiva cualquier deterioro o deficiencia en la infraestructura, facilitando la planificación de reparaciones y el mantenimiento preventivo necesario para asegurar la seguridad y el rendimiento de la vía.

Además de las inspecciones anuales, se recomienda establecer un plan de mantenimiento continuo que incluya actividades regulares de limpieza, reparación y actualización de la señalización, asegurando así que la vía se mantenga en condiciones óptimas a lo largo del tiempo.

Implementar la señalización respectiva de la vía por lo que es crucial para prevenir accidentes de tránsito. Se recomienda instalar señales de advertencia, regulación y orientación que sean claramente visibles y cumplan con las especificaciones del manual de diseño vial. Además, se debe considerar la utilización de tecnología de señalización avanzada, como señales electrónicas, para mejorar la comunicación con los conductores.

Es esencial desarrollar e implementar un plan ambiental que contemple medidas para mitigar el impacto del proyecto en el entorno natural. Este plan debe incluir estrategias para la conservación de la biodiversidad y la protección de recursos hídricos, así como un programa de monitoreo para evaluar la efectividad de las acciones implementadas.

8. Bibliografía

AASHTO. (1993). *American Association of State Highway and Transportation Officials*. Estados Unidos: ASTM.

Abata Katherine; Arteaga Freddy; Delgado Daniel. (Junio de 2022). *RIEMAT*. Obtenido de RIEMAT: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/4836>

Acurio Grimaldo; Meza Junior. (2023). *Universidad Cesar Vallejo*. Obtenido de Universidad Cesar Vallejo: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/143429>

Aguayo, H. (Mayo de 2010). *Universidad Autonoma de Aguas Calientes*. Obtenido de Repositorio Universidad Autonoma de Aguas Calientes: <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/2748>

Alarcon Enrique, Alonso Matilde, Blasco Carmen, Cano Juan, Gómez Sagrario, Hacar Miguel, Piñon Juan, Sancho Jose. (22 de Septiembre de 2014). *UPM*. Obtenido de UPM: <https://oa.upm.es/26747/>

Almagro, A. (2004). *Levantamiento arquitectónico*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10261/19802>

ASTM. (2007). *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*. Estados Unidos: ASTM.

- ASTM. (2018). *Standard Guide for Site Characterization for Engineering Design and Construction Purposes*. Estados Unidos: ASTM.
- ASTM. (2018). *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. Estados Unidos: ASTM.
- ASTM. (2021). *Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils* . Estados Unidos: ASTM.
- ASTM. (2021). *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³))*. Estados Unidos: ASTM.
- Bayas Myriam; Sani Diego. (2020). *UTA*. Obtenido de UTA:
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30642>
- Bowles, J. (1961). *Manual de Laboratorio de Suelos de Ingenieria civil*. Obtenido de
https://www.academia.edu/38337330/Josephe_e_bowles_manual_de_laboratorio_de_suelos
- Cáceres López, Ó. D., & Rodríguez Cifuentes, A. D. (s.f.). *Estimación de la resistencia monotónica en materiales granulares marginales como alternativa para la construcción de vías*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/38106>
- Camacho Chiu, W. (2000). *Modelación y simulación para el drenaje de tierras, en la planicie aluvial del estado de Tabasco, México*. Obtenido de
<https://cd.dgb.uanl.mx/bitstream/handle/201504211/16014/17379.pdf?sequence=1>

- Cardenas Ramirez, L. A., & Moya Ortiz, A. J. (2022). *Análisis granulométrico de agregados grueso y fino*. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/fd55bb7f-b88d-4db9-be1d-bcd03fcc0de7>
- Casallas Gaitan, J. C., & Galaraga Ocampo, V. A. (2024). *TRANSFORMACIÓN ARQUITECTO-URBANA DE LA INFRAESTRUCTURA DEL*. Bogota: Universidad La Gran Colombia.
- Correa, G., & Patricio, R. (2006). *Desarrollo urbano e inversiones en infraestructura: elementos para la toma de decisiones*. NU. CEPAL. División de Recursos Naturales e Infraestructura.
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones Séptima edición*. Obtenido de https://issuu.com/gustavochonlongalcivar/docs/fundamentos_de_ingenieria_de_ciment
- Delgado Cesar; Rivera Livingston. (2018). *Espol*. Obtenido de Espol: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/46908>
- Díaz Linarez, J. A. (2019). *Gestión de proyectos utilizando las herramientas BIM en la fase de diseño de proyectos de infraestructura vial*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO: <https://core.ac.uk/download/pdf/336841658.pdf>
- Duque, G., & Escobar, C. (2002). *Mecánica de los suelos. Notas del curso Suelos I*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63820413/Curso_completo_de_Mecanica_de_Suelos20200703-32965-sjlil1-libre.pdf?1593796995=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DOrigen_formacion_y_constitucion_del_suel.pdf&Expires=1737073908&Signature=WEDi

Estrella Huallpa; Benjamin Alejandro. (2023). *UDH*. Obtenido de UDH:

<https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/5167>

Franquet Bernis, J. M., & Querol Gómez, A. (2010). *Nivelación de terrenos por regresión tridimensional: una aplicación de los métodos estadísticos*. Obtenido de

<https://hdl.handle.net/20.500.14468/13022>

Gaon Jhonny; Mora Edwin. (2024). *ULVR*. Obtenido de ULVR:

<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/7235>

Garcés Velecela, D. P. (2017). *Evaluación vial y plan de rehabilitación y mantenimiento de la vía Azogues- Cojitambo- Déleg- La Raya*. Universidad de Cuenca - Campus Central.

Gavilanes Falconí, A. G., & Maldonado Rodríguez, S. D. (2023). *Evaluación de propiedades mecánicas de mezclas asfálticas incluyendo polietileno tereftalato como polímero en el concreto asfáltico*. Obtenido de Universidad Estatal Península de Santa Elena:

<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10566>

Henríquez, C. (2014). *Modelando el crecimiento de ciudades medias: Hacia un desarrollo urbano sustentable*. Pontifica Universidad Catolica de Chile.

Herrera Montiel, M. G. (2024). *Diseño de infraestructura vial para el mejoramiento de la transitabilidad de la vía naranjito y CNEL*. Obtenido de

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27674>

INGENIUM. (10 de Abril de 2023). *INGENIUM*. Obtenido de INGENIUM:

<https://ingenium.edu.pe/blog/mineria/que-es-el-levantamiento-topografico/>

- Luiza da Silva, D. (2023). *Mitigación de los efectos del ataque por sulfatos en matrices cementantes mediante la introducción de nanopartículas base silicio*. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/24769/1/1080328718.pdf>
- Martínez Gómez, R. (2015). *Análisis comparativo de las relaciones entre China y América Latina, los casos de Chile y Venezuela*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12585/1738>
- Matinez Jonathan; Tello Gisselle. (Junio de 2023). *UPS*. Obtenido de UPS: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26202>
- Mejia, A. (2007). *UNAL*. Obtenido de Repositorio UNAL: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/47127>
- MTOP. (2013). *MTOP*. Obtenido de MTOP: https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
- Nazif, J. I. (2011). *Guía práctica para el diseño e implementación de políticas de seguridad vial integrales, considerando el rol de la infraestructura*. Obtenido de Sede de la CEPAL en Santiago (Estudios e Investigaciones): <https://hdl.handle.net/11362/35266>
- Núñez, S., Patricio, H., Asuero, R., & Vicente, H. (2021). *Propuesta de Guía Metodológica para la Implementación de Metodología BIM en Proyectos de Edificación en el Contexto Ecuatoriano*. Universidad Técnica Particular de Loja.

- Nureña Villegas, V. G., & Trujillo Portocarrero, M. (2021). *Diseño estructural del pavimento flexible utilizando método AASHTO 93 en la avenida Riva Agüero-El Porvenir-Trujillo*. Obtenido de Universidad César Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/81058>
- Ocmin Huarsocca, A. P., Castillo, R., & Elena, C. R. (2019). *Deflectometría de impacto para la determinación del refuerzo en la carretera Lima–Chosica Km 35+ 535 al Km 39+ 500*. Obtenido de Universidad Ricardo Palma: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2808>
- OMS. (13 de Diciembre de 2023). *Who Health Organization*. Obtenido de Who Health Organization: <https://www.who.int/es/news/item/13-12-2023-despite-notable-progress-road-safety-remains-urgent-global-issue>
- Peralta Delgado, J. A., & Tamayo Fárez, A. S. (2022). *Distribución del tamaño de partículas en material rocoso y su relación con el índice de carga puntual*. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/11951>
- Perdomo, R. T. (2014). *Guía para la implementación de las adecuadas prácticas empresariales en gestión ambiental relacionada con las obras de infraestructura vial en Colombia*. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/17955>
- Pico Ponce, S. M. (2023). *Diseño geométrico de la calle Juan Montalvo desde la calle 5 de junio hasta la intersección con la calle Santistevan*. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5831>

- Pilco Ninaraqui, Y. N. (2024). *Variación del comportamiento físico mecánico de la subrasante reforzados con fibra de vidrio, Avenida El Paraíso distrito San Antonio Moquegua 2023*.
Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/146723>
- Pinchi Vergara, L. A. (2017). *Diseño de pavimento flexible con carpeta asfáltica en caliente tramo Banda de Shilcayo–Las Palmas*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN-TARAPOTO:
<https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/2575/1/CIVIL%20INF.ING.%20-%20Luis%20Alberto%20Pinchi%20Vergara.pdf>
- Puma Montoya, L. F., & Quispe Lara, H. M. (2024). *Comportamiento físico mecánico de la subrasante del camino vecinal de Cotaparaco al adicionar relave minero, Recuay*.
Universidad Nacional del Santa.
- Quiroz Vargas, W. F. (2017). *Comparación entre la estabilización de suelos con emulsión asfáltica, y la estabilización de suelos con asfalto y diésel para determinar cuál estabilización proporciona mayor densidad aparente y relación de soporte CBR*.
Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25753>
- Rodríguez Díaz, L. C. (2024). *Diseño y configuración de los módulos gestión del riesgo y compensaciones bióticas para la modernización del geoportal web geois de isa-intercolombia SA*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/39898>
- Romero Figueroa, C. D. (2018). *Evaluación del Material de Afirmado, de las Canteras Pampa La Colina-Guadalupito y San Pedrito-Samanco, Con Fines de Pavimentación-Propuesta de Mejoramiento–Ancash-2018*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/23760>

Salcedo Adriaola, S. G. (2016). *Implantación del software Openemr en el proceso de gestión del paciente del Policlínico Internacional Consorcio SAC, de Ate-Lima*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12990/1711>

Sangama Cachique, A. (2024). *Determinación de la capacidad portante de los suelos, para la construcción de viviendas del caserío Huapo–Lamas–San Martín-2022*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11458/5989>

Santafe Rangel, F. J. (09 de 10 de 2024). *Estrategias de mejora en la ejecución de proyectos de construcción de facilidades de superficie en la industria petrolera colombiana*. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a Distancia: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/64321>

Solis Bautista, C. J. (2024). *Estrategias para el mantenimiento de pavimentos flexibles utilizando el método PCI en la carretera Pasco – Yanahuanca*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Solorzano Gabriela; Lastra Kassandra. (2017). *ESPOL*. Obtenido de ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/46643>

Vila Michael, Bellido Anibal. (25 de Septiembre de 2023). *Repositorio Acdamecio UPC*. Obtenido de UPC: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/671071>

Virto Tomasto, J. R. (2022). *Influencia del uso del Sistema Geomalla Biaxial en el espesor de la estructura de pavimentos rígidos sobre suelos cohesivos*. Obtenido de Universidad Ricardo Palma: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/7393>

9. Anexos

Anexo 1: Bolsa de muestra para la realización del ensayo de contenido de humedad natural.



Anexo 2: Realización del cuarteo del material.



Anexo 3: Realización de golpes para el Ensayo Proctor Modificado.



Anexo 4: Realización del conteo vehicular.



Anexo 5: Realización del conteo vehicular.



Anexo 6: Realización de la topografía del terreno.



Anexo 7: Realización de la topografía del terreno.



Anexo 8: Vía de tierra del proyecto.

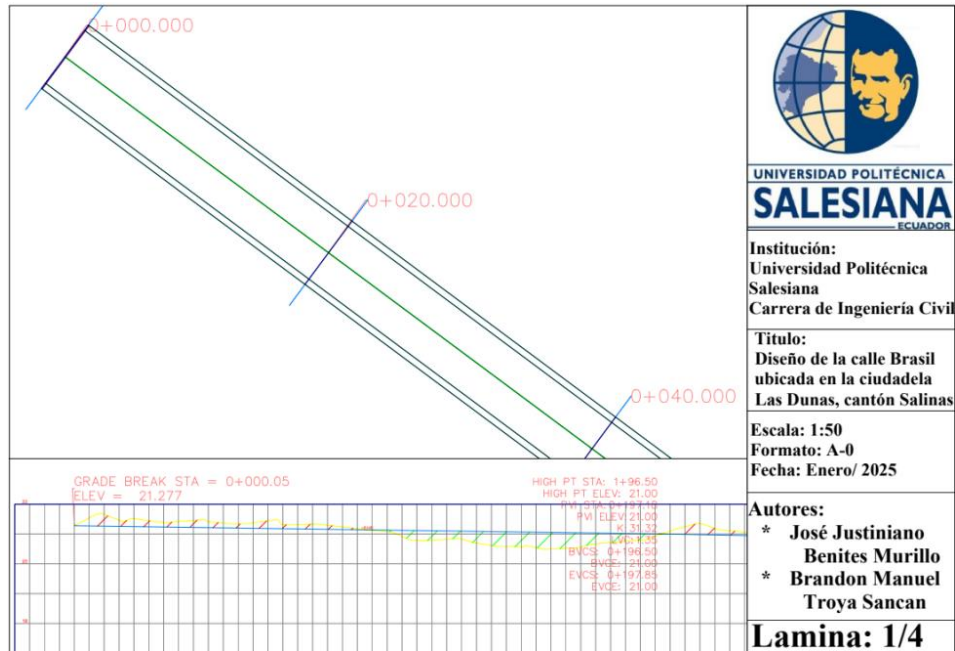
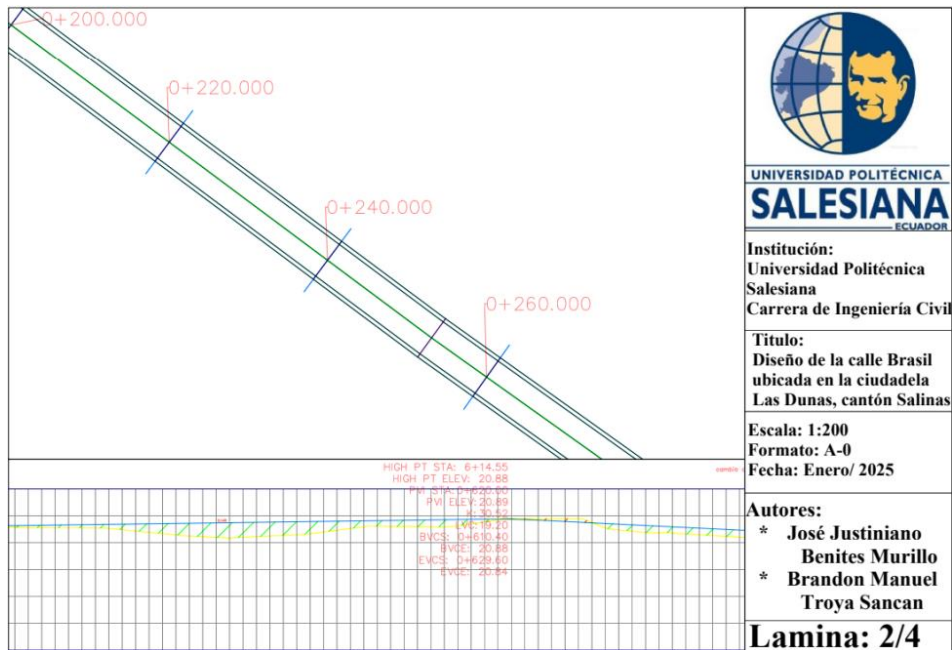


Anexo 9: Vía de pavimento flexible del proyecto.

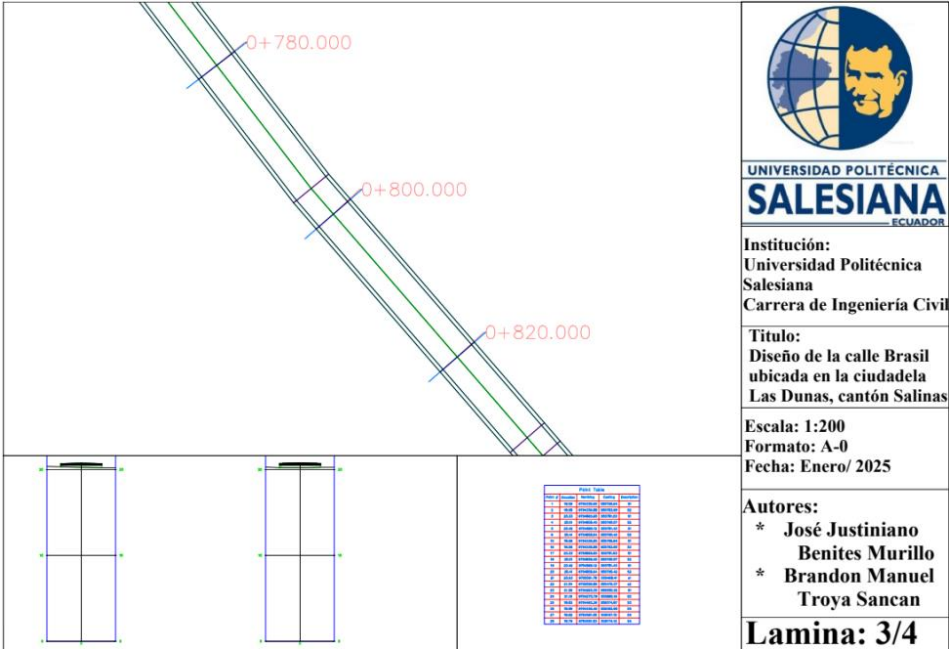


Anexo 10: Vía de adoquín del proyecto.

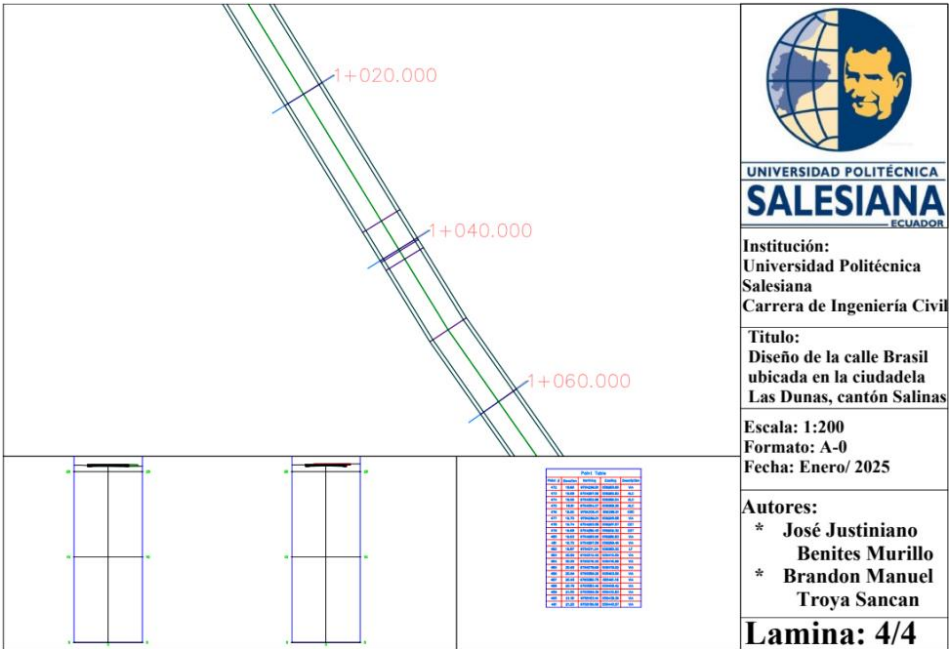


Anexo 11: Lámina 1 de 4 del Diseño vial en civil 3D**Anexo 12:** Lámina 2 de 4 del Diseño vial en civil 3D

Anexo 13: Lámina 3 de 4 del Diseño vial en civil 3D

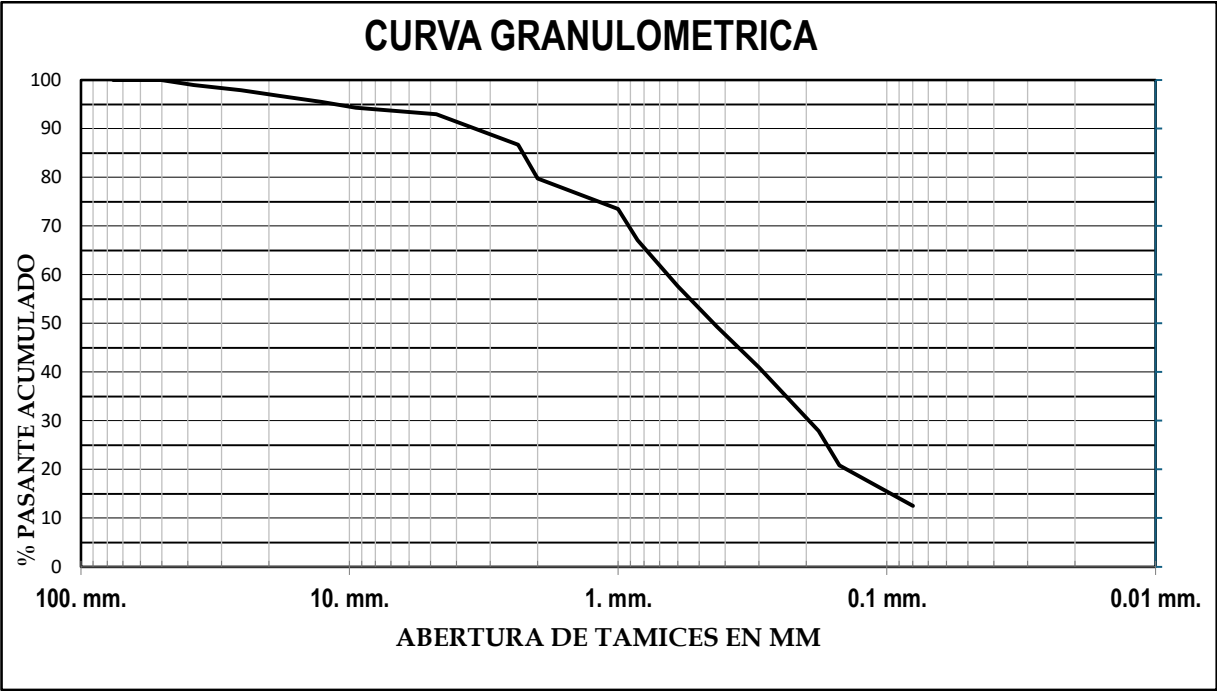


Anexo 14: Lámina 4 de 4 del Diseño vial en civil 3D



Anexo 15: GRANULOMETRIA CALICATA # 1

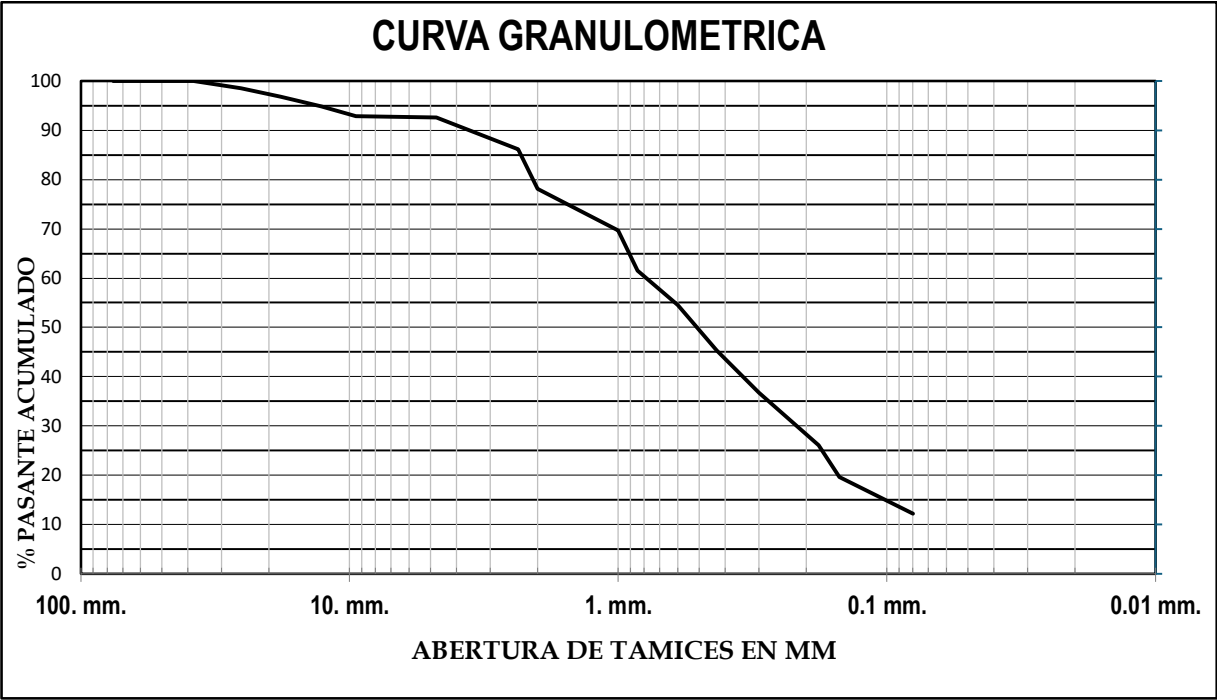
ANALISIS GRANULOMETRICO					
Para:	TESIS				
Proyecto:	TITULACION DE INGENERIA CIVIL				
Tema de Tesis:	DISEÑO DE LA CALLE ""BRASIL"" UBICADO EN EL CANTON SALINAS, PROVINCIA SANTA ELENA.				
Informe:	001-TESIS-2024				
Muestra:	CALICATA 1			Fecha/Toma: 8/1/24	
Descripción:	ARENA LIMOSA				
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN					
Humedad:	2,19				
Limite Líquido:	---	Grava:	7,06%	SUCS:	SM
Limite Plástico:	---	Arena:	80,41%	AASTHO:	A-3
Índice Plástico:	N. P.	Suelo Fino:	12,53%		
Tamiz #	P. Parcial (gr.)	Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)	Especificación
3 "	0,00	0,00	0,00	100,00	
2 "	0,00	0,00	0,00	100,00	
1 1/2 "	29,80	0,98	0,98	99,02	
1 "	33,10	1,09	2,07	97,93	
3/4 "	35,10	1,16	3,23	96,77	
1/2 "	37,80	1,25	4,47	95,53	
3/8 "	38,10	1,26	5,73	94,27	
No. 4	40,30	1,33	7,06	92,94	
No. 8	188,10	6,20	13,25	86,75	
No. 10	211,20	6,96	20,21	79,79	
No. 12	188,60	6,21	26,42	73,58	
No. 20	197,40	6,50	32,92	67,08	
No. 30	287,50	9,47	42,39	57,61	
No. 40	248,10	8,17	50,57	49,43	
No. 50	257,00	8,47	59,03	40,97	
No. 80	394,40	12,99	72,02	27,98	
No. 100	217,90	7,18	79,20	20,80	
No. 200	251,00	8,27	87,47	12,53	
FONDO	380,38	12,53	100,00	0,00	
TOTAL	3035,78	100,00			



Elaborado por: Brandon Troya	Elaborado por: José Benites
---------------------------------	--------------------------------

Anexo 16: GRANULOMETRIA CALICATA # 2=3

ANALISIS GRANULOMETRICO					
Para:	TESIS				
Proyecto:	TITULACION DE INGENERIA CIVIL DISEÑO DE LA CALLE ""BRASIL"" UBICADO EN EL CANTON SALINAS, PROVINCIA				
Procedencia:	SANTA ELE				
Informe:	002-TESIS-2024				
Muestra:	CALICATA 2=3			Fecha/Toma: 8/1/24	
Descripción:	ARENA LIMOSA				
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN					
Humedad:	1,95				
Limite Líquido:	---	Grava:	7,42%	SUCS:	SM
Limite Plástico:	---	Arena:	80,38%	AASTHO:	A-3
Índice Plástico:	N. P.	Suelo Fino:	12,21%		
Tamiz #	P. Parcial (gr.)	Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)	Especificación
3 "	0,00	0,00	0,00	100,00	
2 "	0,00	0,00	0,00	100,00	
1 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00	
1 "	49,60	1,52	1,52	98,48	
3/4 "	54,30	1,67	3,19	96,81	
1/2 "	66,10	2,03	5,22	94,78	
3/8 "	60,70	1,87	7,09	92,91	
No. 4	10,70	0,33	7,42	92,58	
No. 8	210,60	6,47	13,89	86,11	
No. 10	260,30	8,00	21,89	78,11	
No. 12	275,50	8,47	30,35	69,65	
No. 20	263,50	8,10	38,45	61,55	
No. 30	227,60	6,99	45,45	54,55	
No. 40	300,10	9,22	54,67	45,33	
No. 50	280,10	8,61	63,28	36,72	
No. 80	348,00	10,69	73,97	26,03	
No. 100	209,10	6,43	80,39	19,61	
No. 200	240,90	7,40	87,80	12,20	
FONDO	397,20	12,21	100,00	0,00	
TOTAL	3254,30	100,00			



Elaborado por:
Brandon Troya

Elaborado por:
José Benites

Anexo 17: ENSAYO PROCTOR CALICATA # 1

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (METODO B)

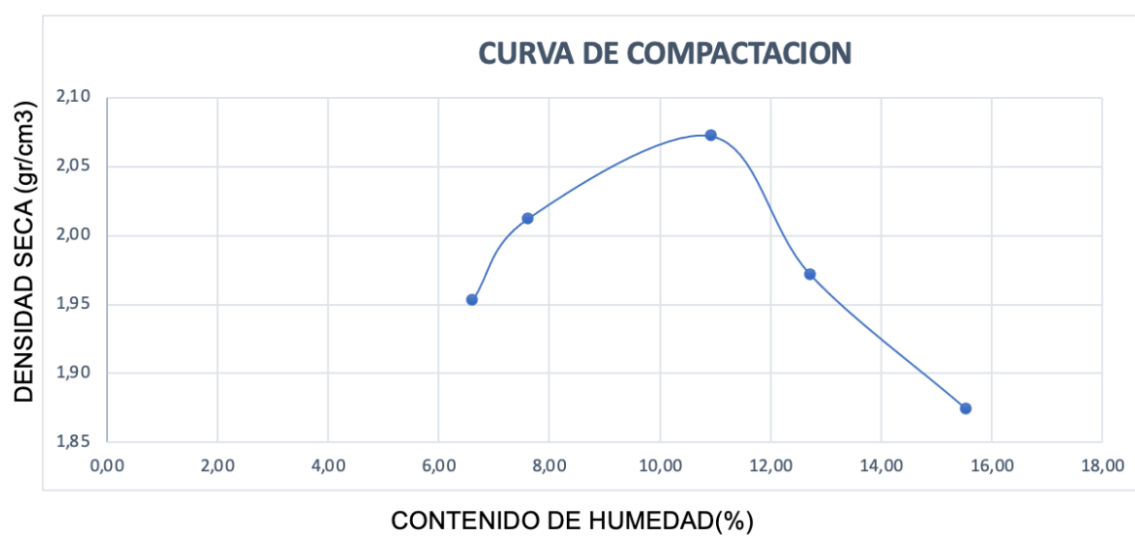
PROYECTO	DISEÑO DE LA CALLE " "BRASIL"" UBICADO EN LA CIUDADELA LAS DUNAS, CANTON SALINAS.			
TESISTAS	BRANDON TROYA SANCAN Y JOSE BENITES MURILLO			
UBICACIÓN	CIUDADELA LAS DUNAS, CANTON SALINAS			
MUESTRA	CALICATA N 1		MATERIAL	SM (ARENA LIMOSA)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
Peso molde + Muestra Húmeda(gr)	5483,00	5562,00	5688,00	5616,00	5562,00
Peso del Molde (gr)	3513,00	3513,00	3513,00	3513,00	3513,00
Peso Muestra Húmeda (gr)	1970,00	2049,00	2175,00	2103,00	2049,00
Volumen del molde (cc)	946,12	946,12	946,12	946,12	946,12
Densidad húmeda (gr/cc)	2,08	2,17	2,30	2,22	2,17

Número de Tara	M-1	M-21	M-3	M-4	M-5
Peso húmedo + Tara (gr)	55,90	59,10	77,00	78,70	83,90
Peso Seco + Tara (gr)	53,30	55,90	70,80	71,40	74,50
Peso Agua (gr)	2,60	3,20	6,20	7,30	9,40
Peso Tara (gr)	14,00	13,90	14,10	14,00	14,00
Peso Muestra Seca (gr)	39,30	42,00	56,70	57,40	60,50
Contenido de Humedad %	6,62	7,62	10,93	12,72	15,54
Densidad Seca (gr/cc)	1,95	2,01	2,07	1,97	1,87

DENSIDAD SECA MAXIMA	2,07	gr/cc
	2070	kg/m3

HUMEDAD OPTIMA	10,93
-----------------------	-------



Anexo 18: ENSAYO PROCTOR CALICATA # 2=3

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (METODO B)

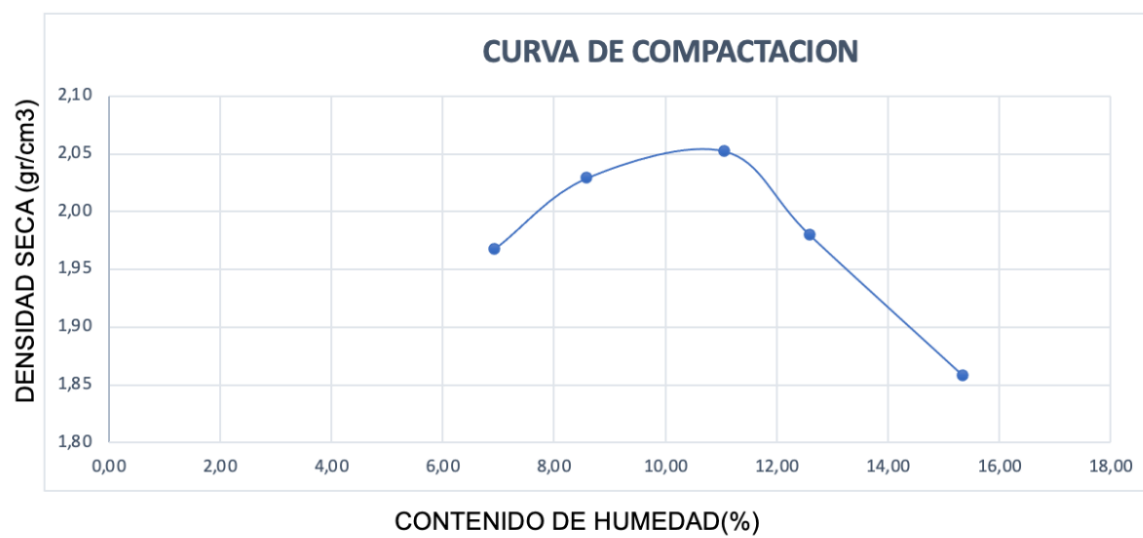
PROYECTO	DISEÑO DE LA CALLE " "BRASIL"" UBICADO EN LA CIUDADELA LAS DUNAS, CANTON SALINAS.		
TESISTAS	BRANDON TROYA SANCAN Y JOSE BENITES MURILLO		
UBICACIÓN	CIUDADELA LAS DUNAS, CANTON SALINAS		
MUESTRA	CALICATA N 2 = 3	MATERIAL	SM (ARENA LIMOSA)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
Peso molde + Muestra Húmeda(gr)	5504,00	5598,00	5670,00	5622,00	5541,00
Peso del Molde (gr)	3513,00	3513,00	3513,00	3513,00	3513,00
Peso Muestra Húmeda (gr)	1991,00	2085,00	2157,00	2109,00	2028,00
Volumen del molde (cc)	946,12	946,12	946,12	946,12	946,12
Densidad húmeda (gr/cc)	2,10	2,20	2,28	2,23	2,14

Número de Tara	M-1	M-21	M-3	M-4	M-5
Peso húmedo + Tara (gr)	55,60	51,80	75,30	90,80	86,90
Peso Seco + Tara (gr)	52,90	48,80	69,20	82,20	77,20
Peso Agua (gr)	2,70	3,00	6,10	8,60	9,70
Peso Tara (gr)	14,00	13,90	14,10	14,00	14,00
Peso Muestra Seca (gr)	38,90	34,90	55,10	68,20	63,20
Contenido de Humedad %	6,94	8,60	11,07	12,61	15,35
Densidad Seca (gr/cc)	1,97	2,03	2,05	1,98	1,86

DENSIDAD SECA MAXIMA	2,05	gr/cc
	2050	kg/m3

HUMEDAD OPTIMA	11,07
-----------------------	-------



Anexo 19: CBR CALICATA # 1

DATOS INICIALES		
PESO DE LA MUESTRA	5000	GR
DIAMETRO DEL MOLDE	15,24	CM
ALTURA DEL MOLDE	17,78	CM
VOLUMEN DEL MOLDE	0,00324333	M3

HUMEDAD INICIAL		
TARRO	C1	
PESO DE TARRO	38,5	GR
TARRO + SUELO HUMEDO	67,8	GR
TARRO + SUELO SECO	67,3	GR
PESO DE AGUA	0,5	GR
% HUMEDAD INICIAL	2,01	%

PESO DE AGUA REQUERIDO		
% HUMEDAD OPTIMA	10,93	%
% HUMEDAD INICIAL	2,01	GR
% HUMEDAD REQUERIDA	8,9	GR
PESO DE AGUA REQUERIDA	445,8	GR

DENSIDAD SECA Y HUMEDAD OPTIMA			
MOLDE	1	2	3
# CAPAS	5	5	5
# DE GOLPES	10	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA (%H)	10,93	10,93	10,93
PESO DE SUELO HUMEDO + MOLDE (KG)	15,19	15,31	15,46
PESO DE MOLDE (KG)	8,00	7,97	7,95
PESO DE SUELO HUMEDO (KG)	7,19	7,34	7,51
VOLUMEN DE MOLDE (M3)	0,0032	0,0032	0,0032
DENSIDAD HUMEDA (KG/M3)	2216,86	2263,11	2315,52
TARRO #	C1 - 10	C 1 - 25	C 1 - 56
PESO DE TARRO	13,91	13,82	13,95
TARRO + SUELO HUMEDO	53,4	57,2	60,3
TARRO + SUELO SECO	49,7	53,07	55,7
PESO DE AGUA	3,7	4,13	4,6
% HUMEDAD	10,34	10,52	11,02
DENSIDAD SECA (KG/M3)	2009,15	2047,65	2085,72

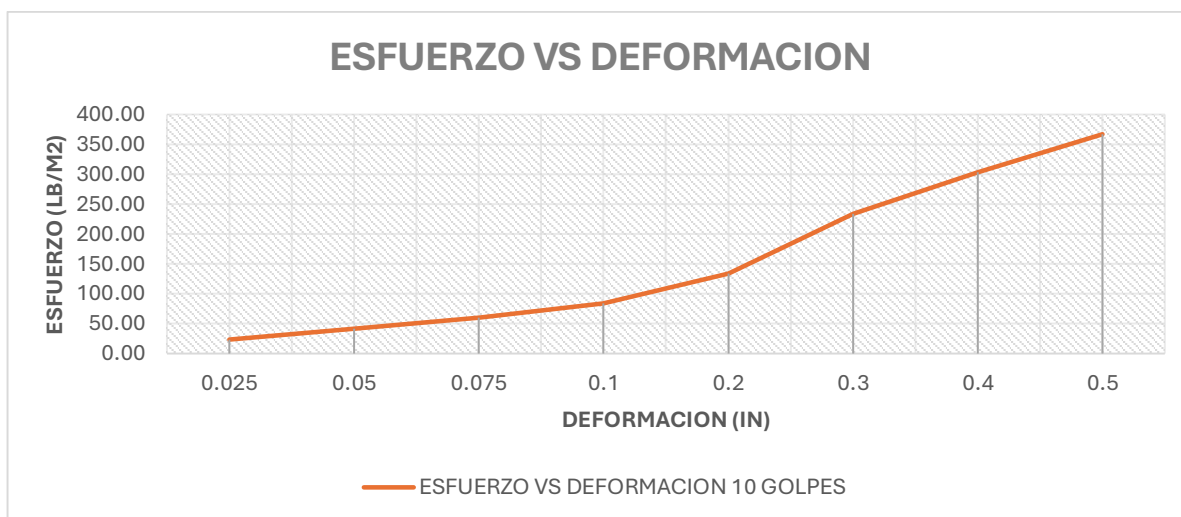
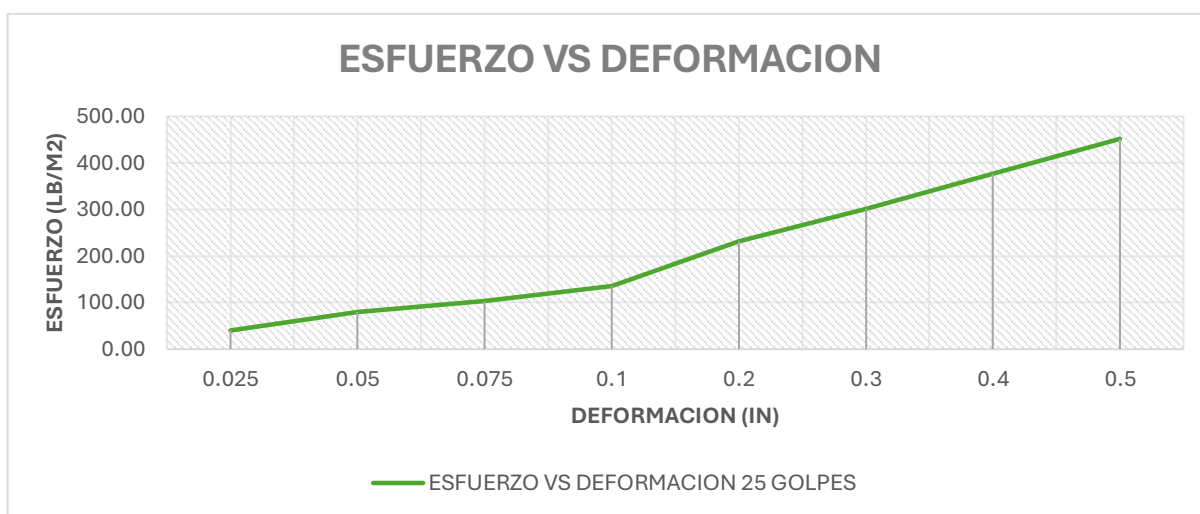
Anexo 20: DENSIDAD MAXIMA CALICATA 1

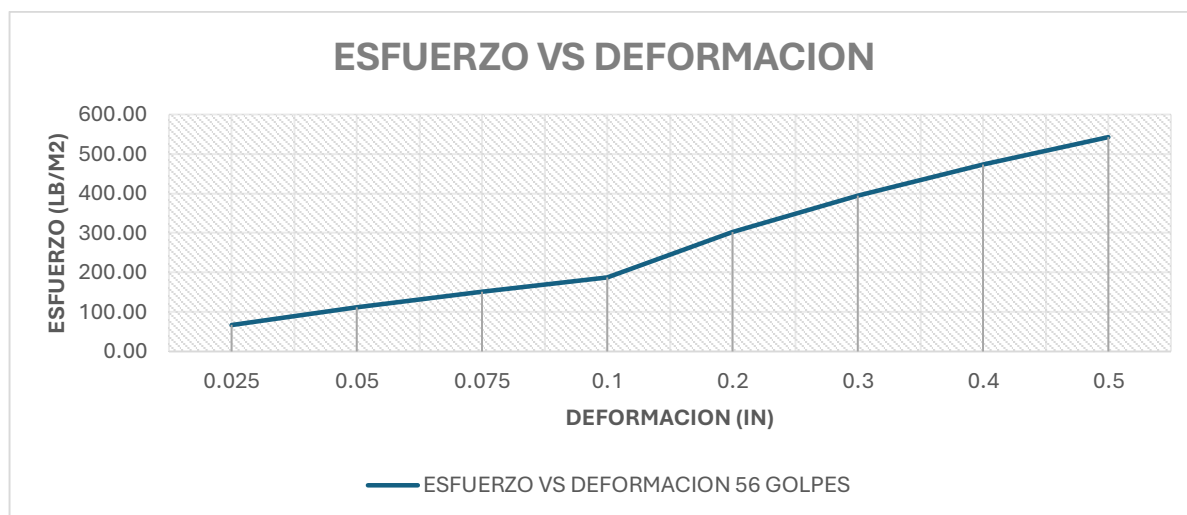
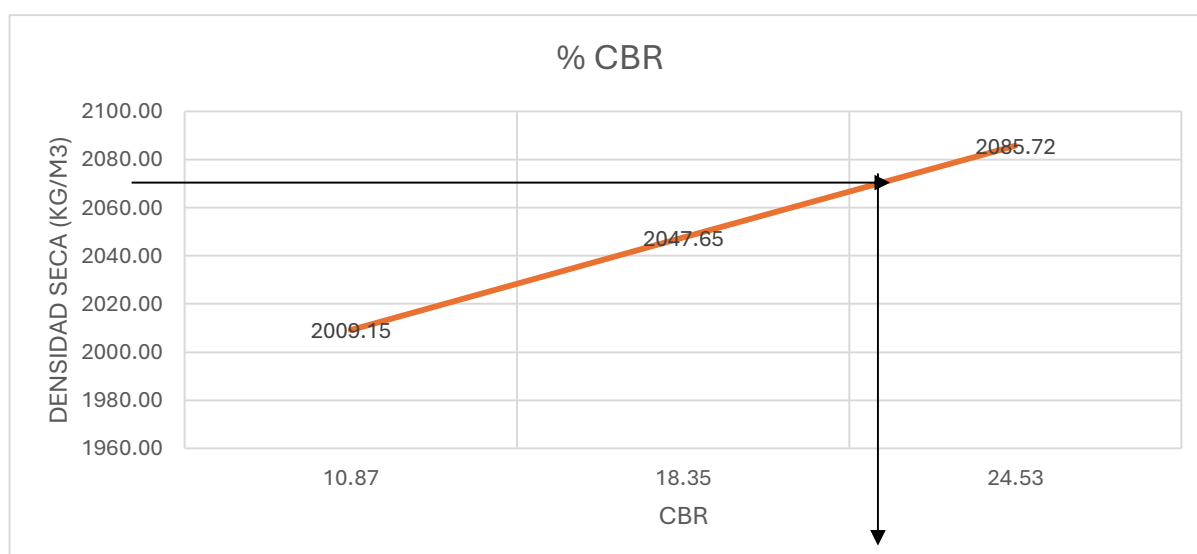
2070 KG/M3	DENSIDAD MAXIMA
------------	-----------------

HINCHAMIENTO				
F. DIAL	0,0001	MOLDE		
L. INICIAL	0			
FECHA		1	2	3
10/12/24		0	1	5
11/12/24		1	2	7
12/12/24		2	3	7
13/12/24		0	4	4
%HINCHAMIENTO		0	0	0

CBR						
PENETRACION EN PULGADAS	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
	CARGA DE PRUEBA		CARGA DE PRUEBA		CARGA DE PRUEBA	
	LECTURA	LB/IN2	LECTURA	LB/IN2	LECTURA	LB/IN2
0,025	70,22	23,41	120,56	40,19	200,62	66,87
0,05	125,79	41,93	240,75	80,25	337,56	112,52
0,075	180,89	60,30	310,46	103,49	454,82	151,61
0,1	250,57	83,52	405,26	135,09	563,26	187,75
0,2	401,35	133,78	695,82	231,94	908,82	302,94
0,3	702,5	234,17	902,79	300,93	1185,77	395,26
0,4	910,25	303,42	1128,26	376,09	1422,05	474,02
0,5	1100,76	366,92	1355,32	451,77	1628,13	542,71

CBR CORREGIDO							
PENETRACION EN PULGADAS	CARGA ESTANDAR	MOLDE	1	MOLDE	2	MOLDE	3
		LBS/IN	%	LBS/IN	%	LBS/IN	%
0,1	1	83,52	8,35	135,09	13,51	187,75	18,78
0,2	1,5	133,78	13,38	231,94	23,19	302,94	30,29
PROMEDIO			10,87		18,35		24,53

Anexo 21: CBR 10 GOLPES C#1**Anexo 22: CBR 25 GOLPES C#1**

Anexo 23: CBR 56 GOLPES C#1**Anexo 24: GRAFICA DENSIDAD Y CBR CALICATA # 1**

Anexo 25: CBR CALICATA # 2 = 3

DATOS INICIALES		
PESO DE LA MUESTRA	5000	GR
DIAMETRO DEL MOLDE	15,24	CM
ALTURA DEL MOLDE	17,78	CM
VOLUMEN DEL MOLDE	0,00324333	M3

HUMEDAD INICIAL		
TARRO	C2	
PESO DE TARRO	38,7	GR
TARRO + SUELO HUMEDO	67,8	GR
TARRO + SUELO SECO	67,2	GR
PESO DE AGUA	0,6	GR
% HUMEDAD INICIAL	2,35	%

PESO DE AGUA REQUERIDO		
% HUMEDAD OPTIMA	11,07	
% HUMEDAD INICIAL	2,35	GR
% HUMEDAD REQUERIDA	8,7	GR
PESO DE AGUA REQUERIDA	436,0	GR

DENSIDAD SECA Y HUMEDAD OPTIMA			
MOLDE	1	2	3
# CAPAS	5	5	5
# DE GOLPES	10	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA (%H)	11,07	11,07	11,07
PESO DE SUELO HUMEDO + MOLDE (KG)	15,17	15,28	15,49
PESO DE MOLDE (KG)	8,03	7,94	7,97
PESO DE SUELO HUMEDO (KG)	7,14	7,34	7,52
VOLUMEN DE MOLDE (M3)	0,0032	0,0032	0,0032
DENSIDAD HUMEDA (KG/M3)	2201,44	2263,11	2318,60
TARRO #	C2 - 10	C 2 - 25	C 2- 56
PESO DE TARRO	13,91	13,82	13,95
TARRO + SUELO HUMEDO	53,4	57,2	60,3
TARRO + SUELO SECO	49,57	52,91	55,65
PESO DE AGUA	3,83	4,29	4,65
% HUMEDAD	10,74	10,97	11,15
DENSIDAD SECA (KG/M3)	1987,93	2039,30	2085,99

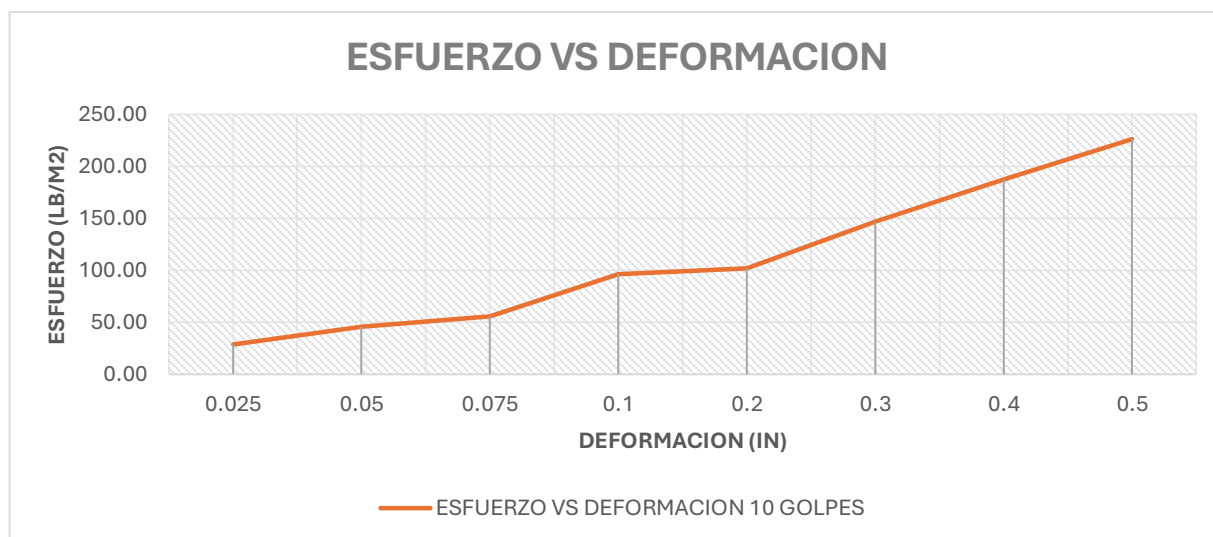
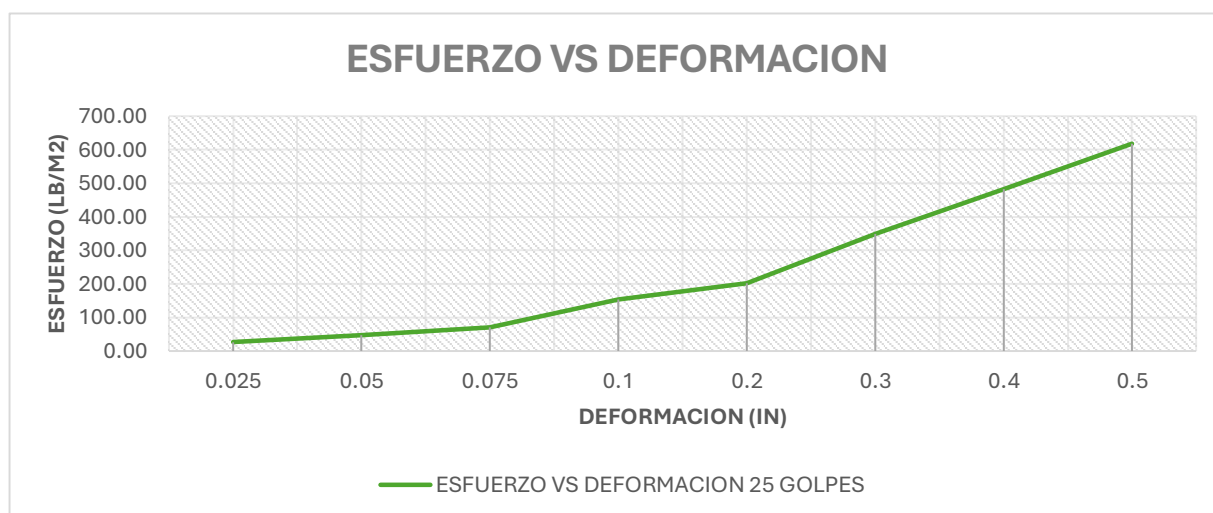
Anexo 26: DENSIDAD MAXIMA CALICATA 2 = 3

2050 KG/M3	DENSIDAD MAXIMA
------------	-----------------

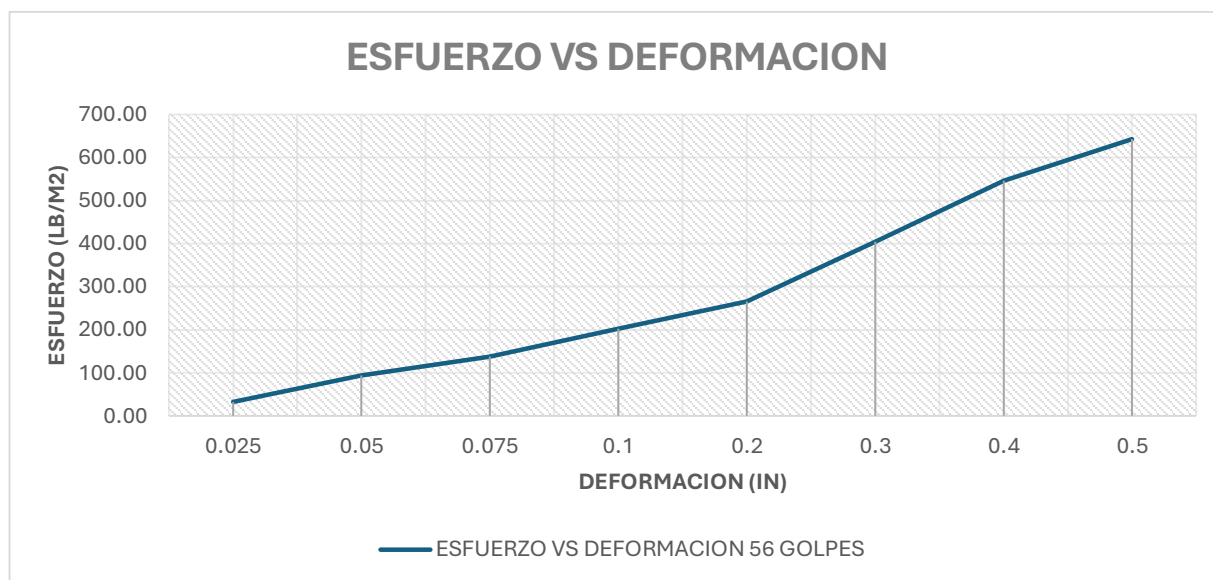
HINCHAMIENTO				
F. DIAL	0,0001	MOLDE		
L. INICIAL	0			
FECHA		1	2	3
10/12/24		0	1	4
11/12/24		1	2	5
12/12/24		1	2	5
13/12/24		0	3	3
%HINCHAMIENTO		0	0	0

CBR						
PENETRACION EN PULGADAS	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
	CARGA DE PRUEBA		CARGA DE PRUEBA		CARGA DE PRUEBA	
	LECTURA	LB/IN2	LECTURA	LB/IN2	LECTURA	LB/IN2
0,025	86,14	28,71	80,66	26,89	97,23	32,41
0,05	137,91	45,97	140,33	46,78	280,83	93,61
0,075	167,2	55,73	212,61	70,87	410,77	136,92
0,1	289,08	96,36	463,45	154,48	605,89	201,96
0,2	305,39	101,80	605,32	201,77	798,81	266,27
0,3	441,39	147,13	1046,57	348,86	1212,77	404,26
0,4	563,41	187,80	1448,11	482,70	1638,95	546,32
0,5	678,8	226,27	1853,52	617,84	1928,13	642,71

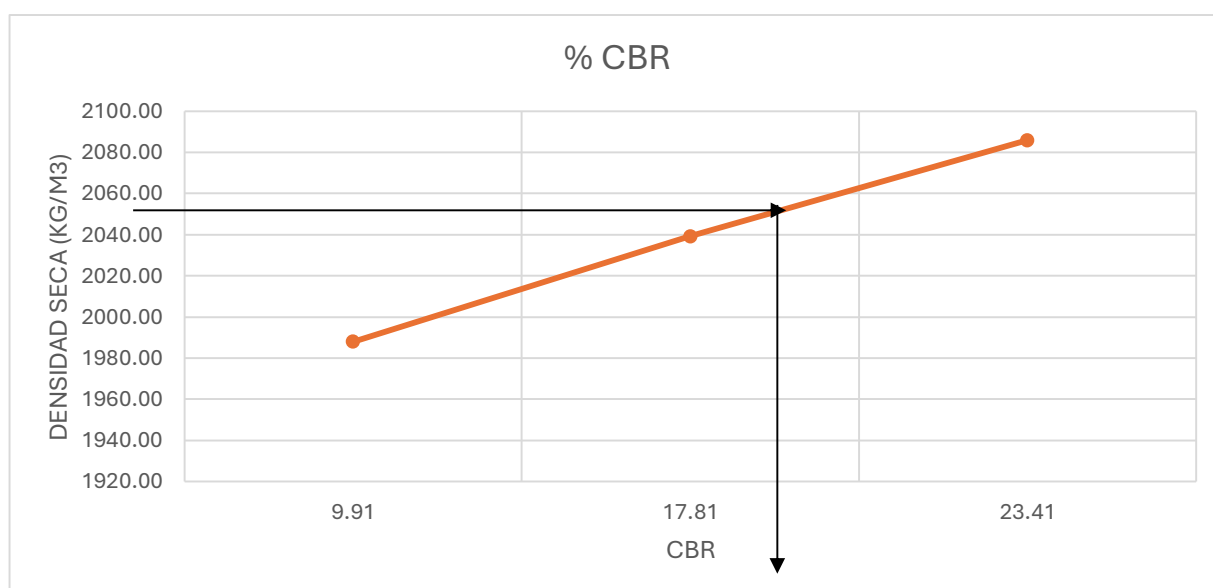
CBR CORREGIDO							
PENETRACION EN PULGADAS	CARGA ESTANDAR	MOLDE	1	MOLDE	2	MOLDE	3
		LBS/IN	%	LBS/IN	%	LBS/IN	%
0,1	1	96,36	9,64	154,48	15,45	201,96	20,20
0,2	1,5	101,80	10,18	201,77	20,18	266,27	26,63
PROMEDIO			9,91		17,81		23,41

Anexo 27: CBR 10 GOLPES C # 2 = 3**Anexo 28: CBR 25 GOLPES C # 2 = 3**

Anexo 29: CBR 56 GOLPES C # 2 = 3



Anexo 30: GRAFICA DENSIDAD Y CBR CALICATA # 2 = 3





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA
ECUADOR

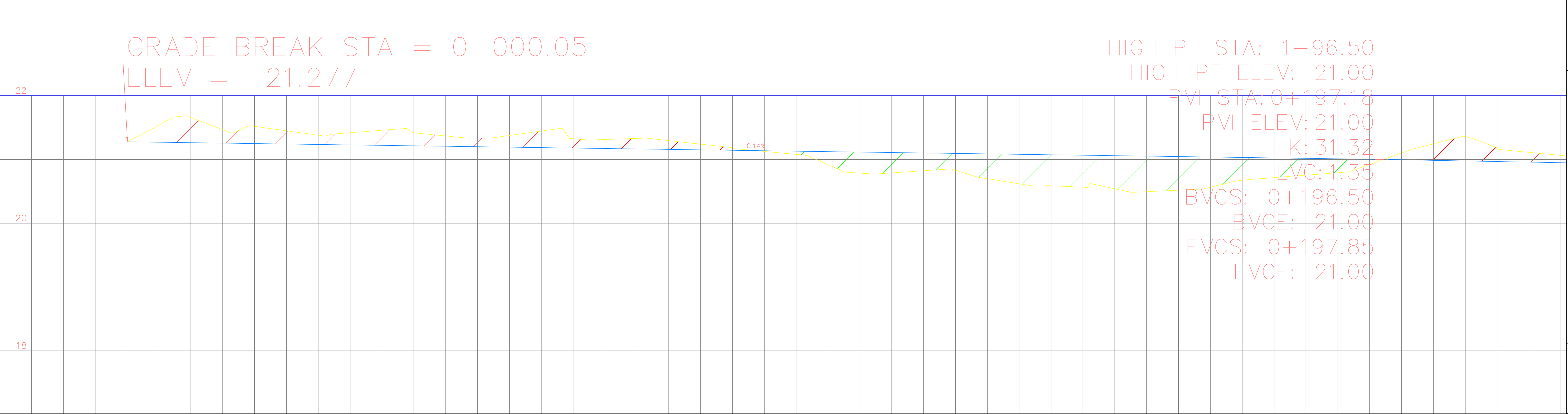
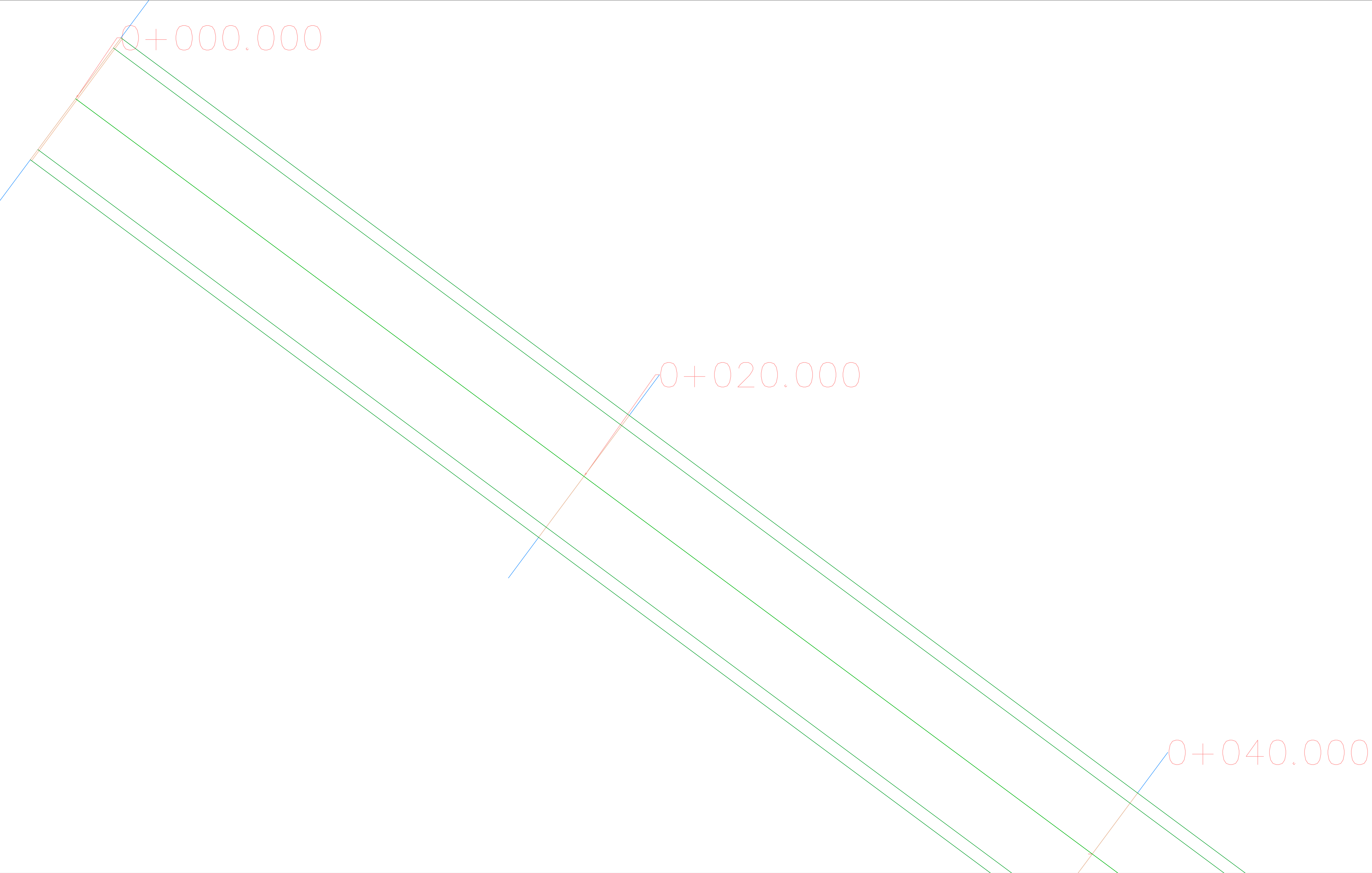
Institución:
Universidad Politécnica
Salesiana
Carrera de Ingeniería Civil

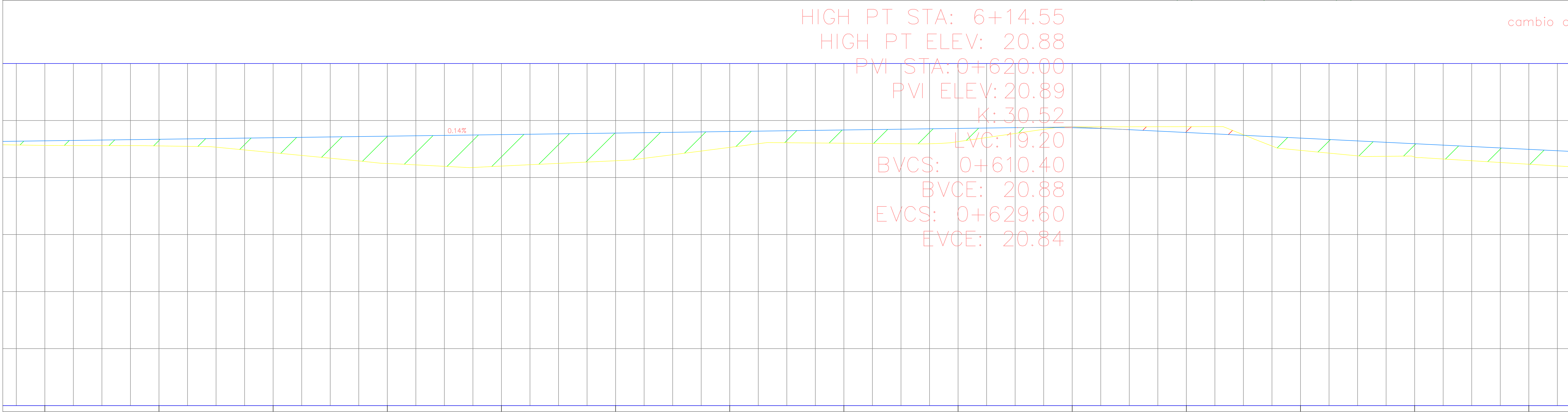
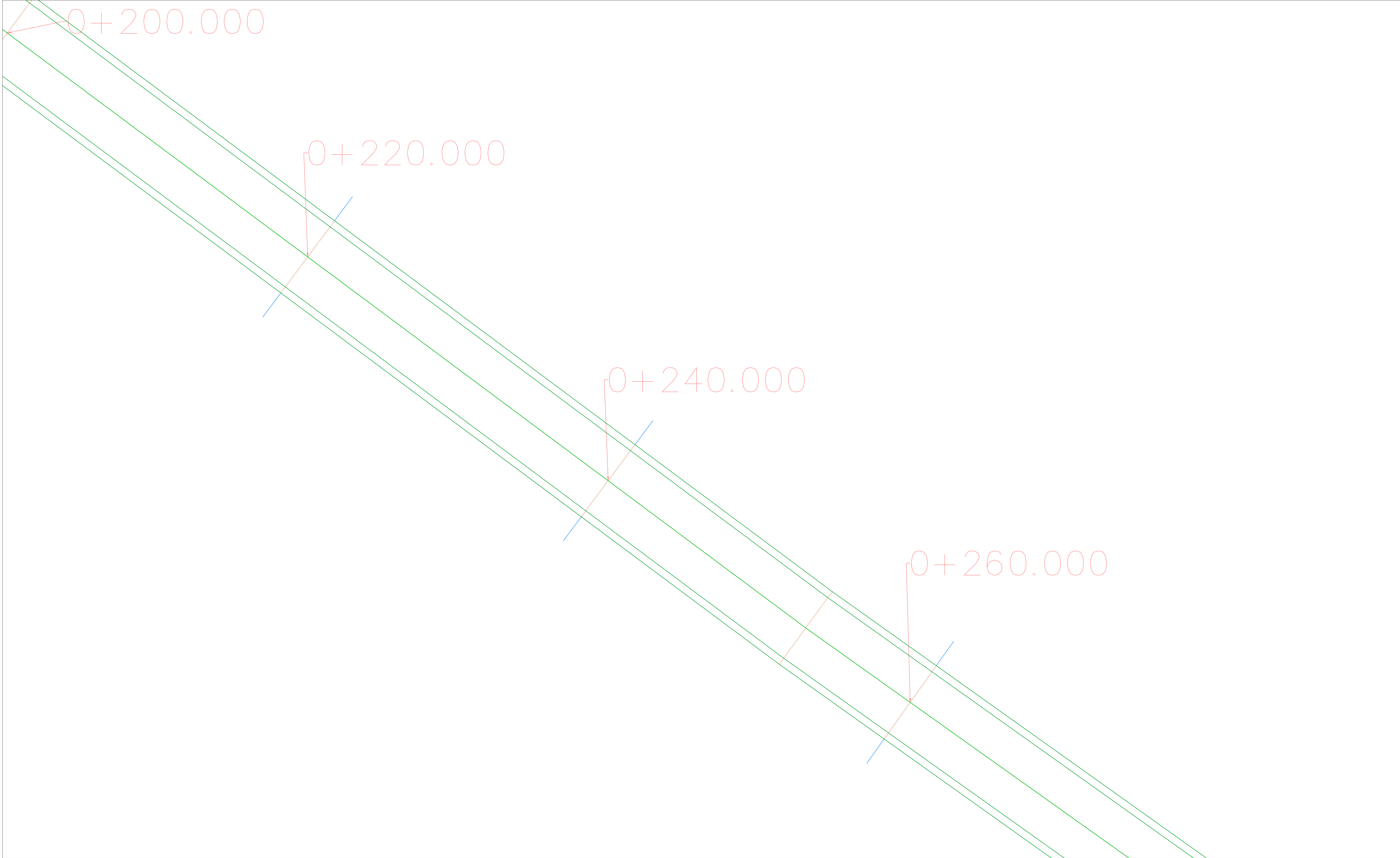
Título:
DISEÑO DE LA CALLE
“BRASIL” UBICADA EN LA
CIUADELA LAS DUNAS,
CANTON SALINAS

Escala: 1:50
Formato: A-0
Fecha: Enero/ 2025

Autores:
*** José Justiniano**
Benites Murillo
*** Brandon Manuel**
Troya Sancan

Lamina: 1/4





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA
ECUADOR

Institución:
Universidad Politécnica
Salesiana
Carrera de Ingeniería Civil

Título:
DISEÑO DE LA CALLE
“BRASIL” UBICADA EN LA
CIUDADELA LAS DUNAS,
CANTON SALINAS

Escala: 1:50
Formato: A-0
Fecha: Enero/ 2025

Autores:
*** José Justiniano**
Benites Murillo
*** Brandon Manuel**
Troya Sancan

Lamina: 2/4



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA
ECUADOR

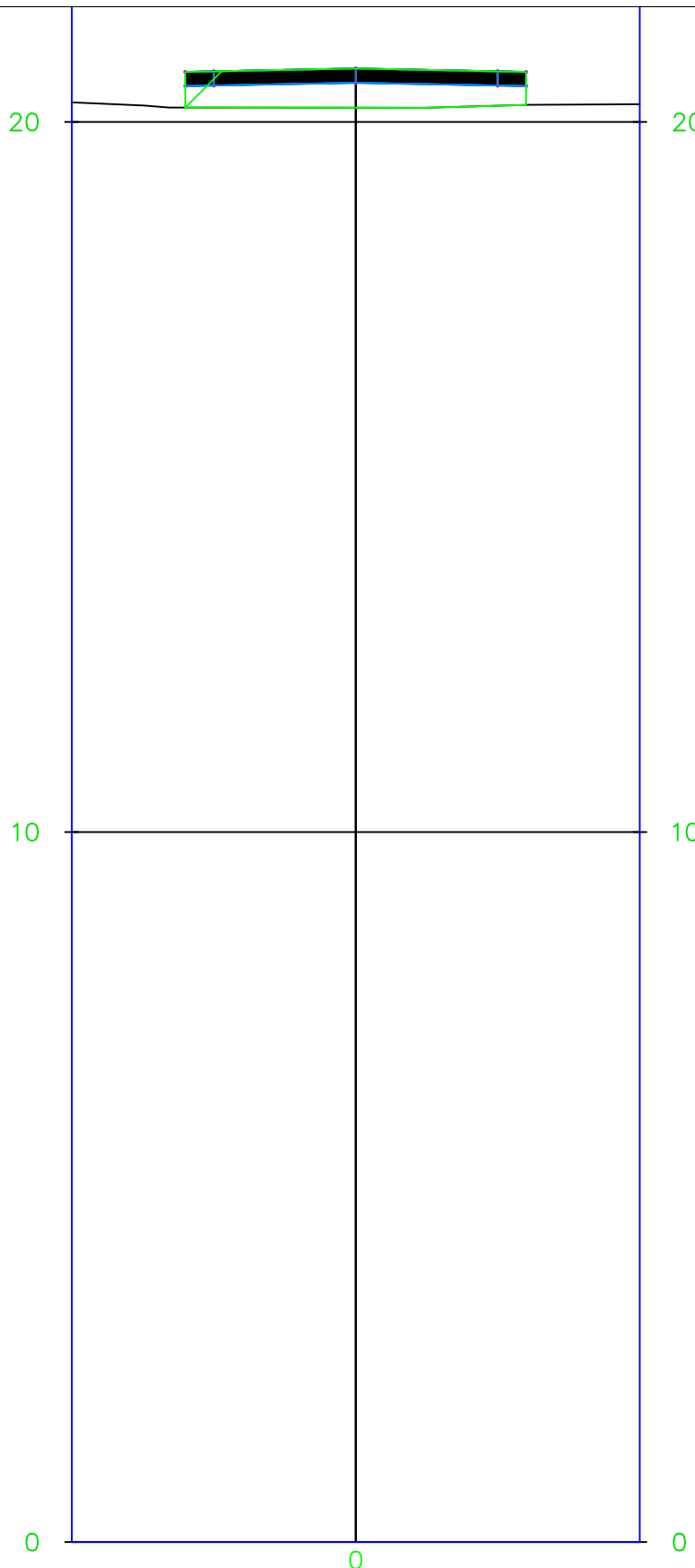
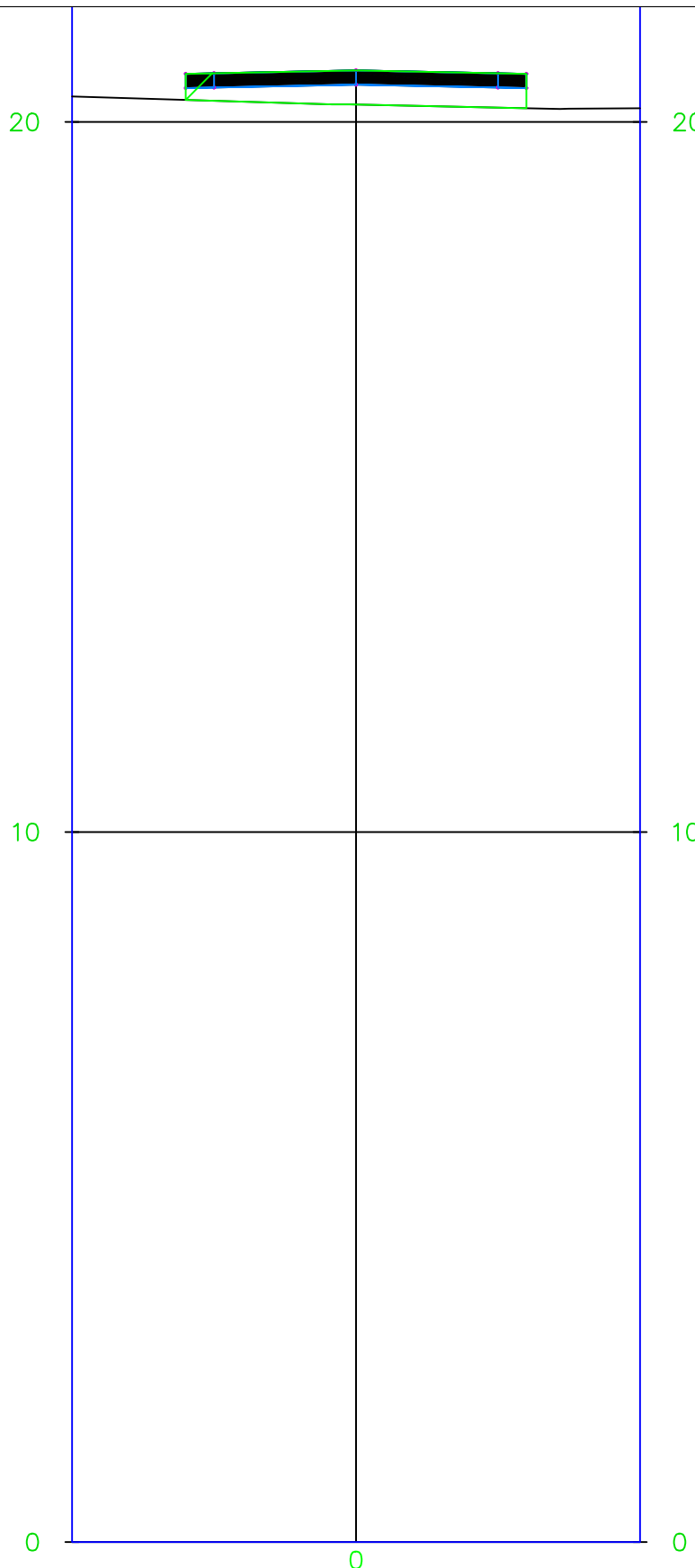
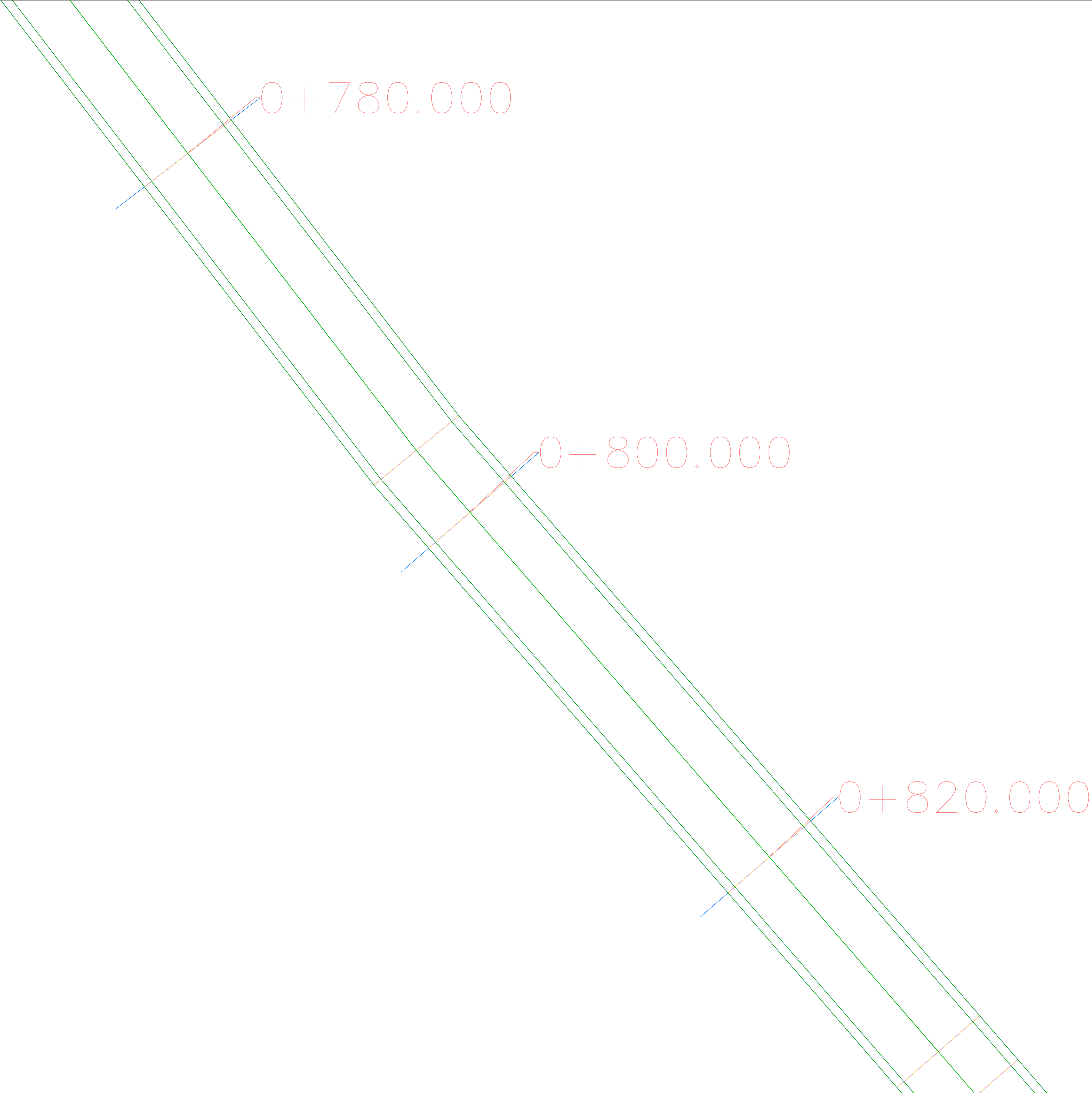
Institución:
Universidad Politécnica
Salesiana
Carrera de Ingeniería Civil

Título:
DISEÑO DE LA CALLE
“BRASIL” UBICADA EN LA
CIUDELA LAS DUNAS,
CANTON SALINAS

Escala: 1:50
Formato: A-0
Fecha: Enero/ 2025

Autores:
*** José Justiniano**
Benites Murillo
*** Brandon Manuel**
Troya Sancan

Lamina: 3/4



Point Table				
Point #	Elevation	Northing	Easting	Description
1	18.59	9754336.65	505795.64	S1
2	18.58	9754336.88	505783.93	S2
3	20.33	9754865.90	505781.53	S1
4	20.51	9754858.45	505790.57	S2
5	20.42	9754866.12	505781.43	S1
6	20.41	9754858.64	505790.42	S2
15	18.59	9754336.65	505795.64	S1
16	18.58	9754336.88	505783.93	S2
17	20.33	9754865.90	505781.53	S1
18	20.51	9754858.45	505790.57	S2
19	20.42	9754866.12	505781.43	S1
20	20.41	9754858.64	505790.42	S2
21	20.93	9755091.78	505468.41	s1
22	21.04	9755095.86	505479.37	s2
23	21.06	9754263.30	506000.32	S1
24	21.16	9754273.79	505995.16	S2
25	18.83	9754462.36	506074.87	S3
26	18.85	9754445.46	506092.98	S4
27	18.82	9754561.05	506197.10	S4
28	18.79	9754551.83	506174.12	S4



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA
ECUADOR

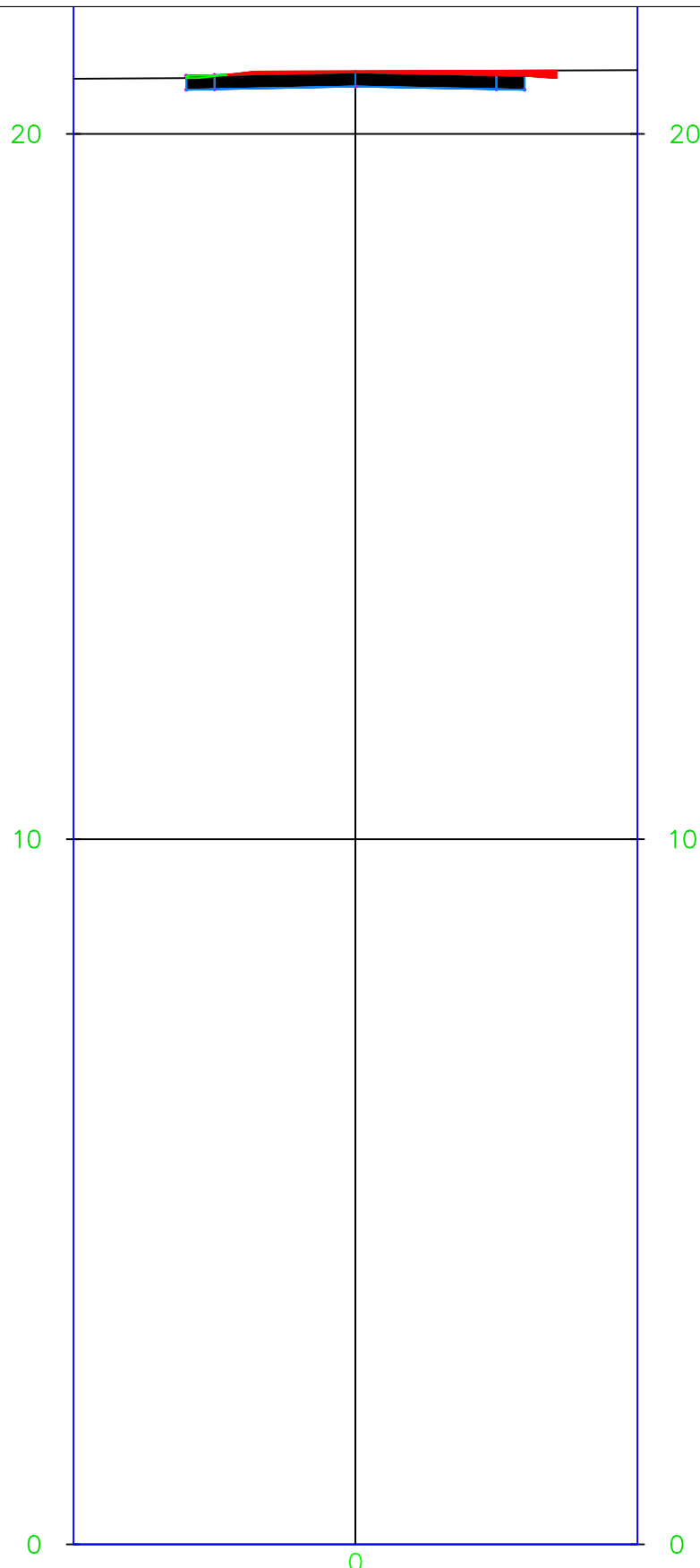
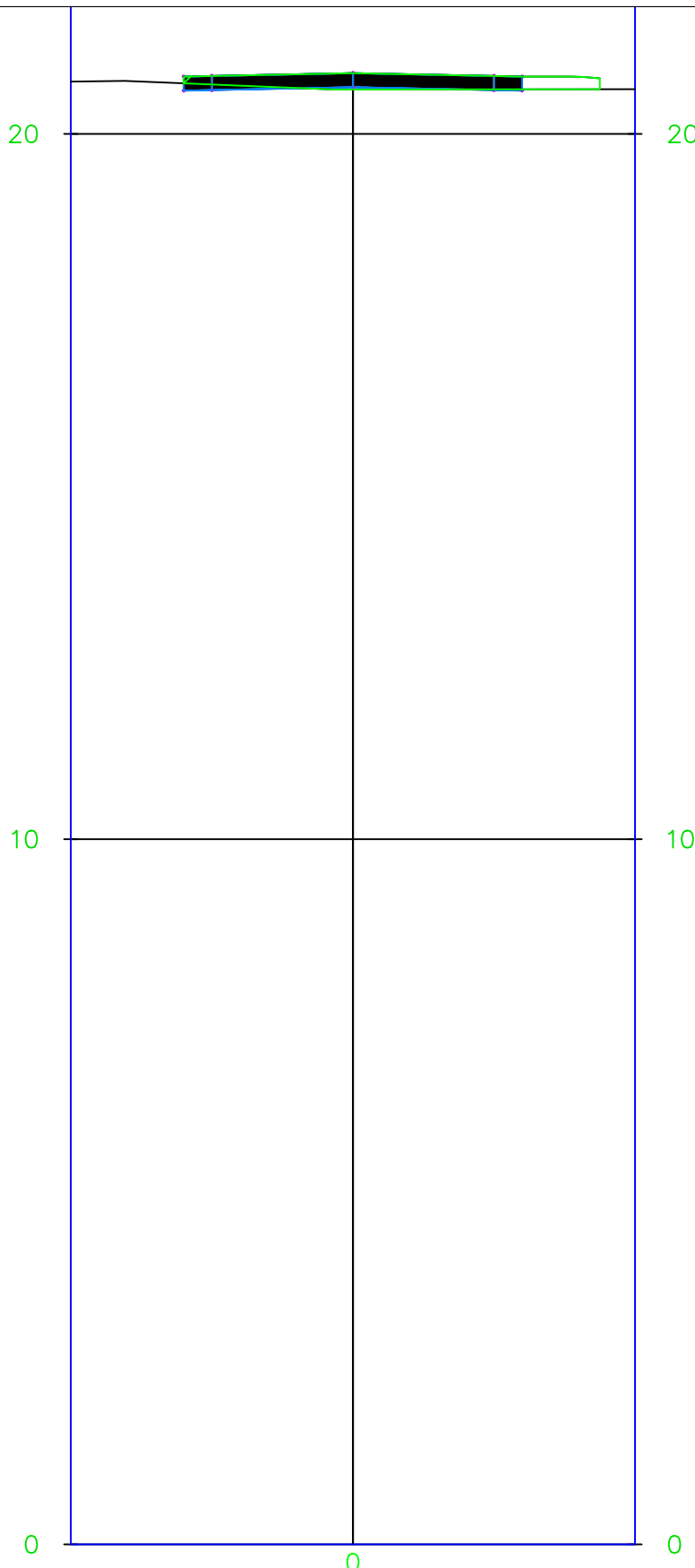
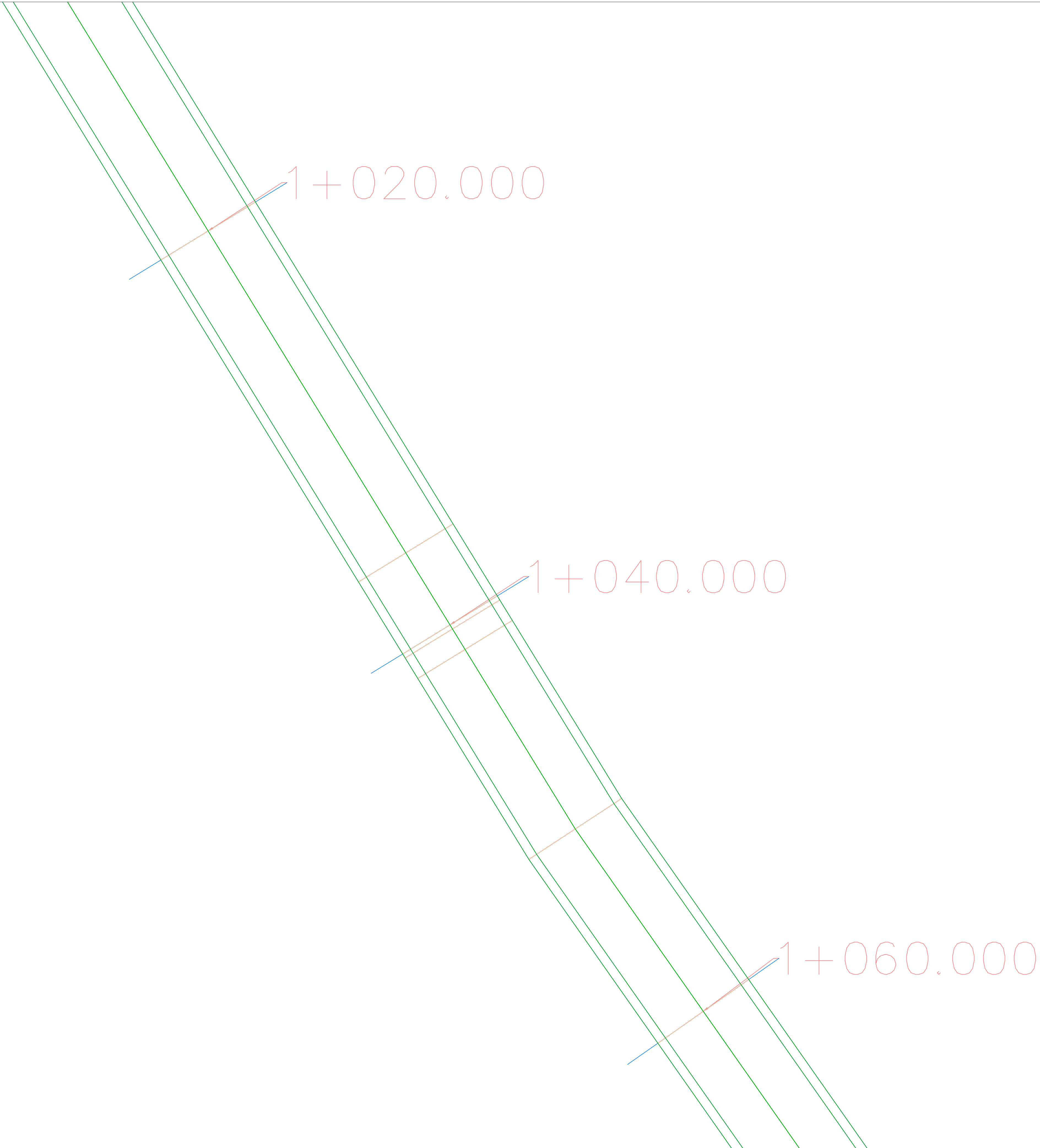
Institución:
Universidad Politécnica
Salesiana
Carrera de Ingeniería Civil

Título:
DISEÑO DE LA CALLE
“BRASIL” UBICADA EN LA
CIUDADELA LAS DUNAS,
CANTON SALINAS

Escala: 1:50
Formato: A-0
Fecha: Enero/ 2025

Autores:
*** José Justiniano**
Benites Murillo
*** Brandon Manuel**
Troya Sancan

Lamina: 4/4



Point Table				
Point #	Elevation	Northing	Easting	Description
472	19.66	9754299.81	506283.95	VIA
473	19.68	9754297.06	506285.83	ALC
474	19.56	9754302.86	506286.04	ALC
475	19.81	9754304.27	506288.25	ALC
476	19.92	9754305.41	506288.51	ESQ
477	19.70	9754299.51	506293.58	VIA
478	19.74	9754293.08	506297.57	EST
479	19.68	9754286.40	506292.32	EST
480	19.63	9754290.96	506286.83	VIA
481	19.75	9754297.09	506289.46	VIA
482	19.87	9754311.34	506280.32	LF
483	20.85	9755072.42	505475.05	VIA
484	20.90	9755076.42	505476.86	VIA
485	20.80	9755078.69	505478.02	VIA
486	20.94	9755089.26	505463.06	VIA
487	20.93	9755086.75	505461.18	VIA
488	20.76	9755083.46	505458.42	VIA
489	21.00	9755099.39	505435.83	VIA
490	21.18	9755103.16	505438.36	VIA
491	21.20	9755106.09	505440.57	VIA